

F
8846

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI FIZIKAI KUTATÓ INTÉZETE

MFKI '81

ÉVKÖNYV



OLVASÓTERMI PÉLDÁNY

MFKI '81

ÉVKÖNYV

MTA KFKI Könyvtár



82.719

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADEMIA
MŰSZAKI FIZIKAI KUTATÓ INTÉZETE

Budapest IV., Főti út 56.

Levél cím: Budapest, Újpest 1. Pf. 76.

Irányítószám: 1325

OLVASÓTERMI PÉLDÁNY

989

88 46

Kiadja az MTA MŰSZAKI FIZIKAI KUTATÓ-INTÉZETE

Felelős kiadó: NAGY Elemér igazgató

Felelős szerkesztő: SZENTPÁLI Béla

Lektor: SZÉP Iván

Budapesti Műszaki Egyetem
Központi Könyvtára
Felvétele
P 72 / 1983

ÁLLOMÁNYBÓL TÖRÖLVE
Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Országos Műszaki Információs
Központ és Könyvtár

OLVASÓTERMI PÉLDÁNY

2015

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont Könyvtára

HU ISSN 0139-4363

leltárba véve 82. 7. 19 sz. alatt
Budapest, 2015. év 08. hó 22. n.

Ueli

Hozott anyagról sokszorosítva

8313584 MTA KESZ Sokszorosító, Budapest. F. v.: dr. Héczey Lászlóné



TARTALOMJEGYZÉK

ELŐSZÓ	VIII
Nagy Elemér	
AZ INTÉZET GAZDÁLKODÁSÁNAK FŐBB JELLEMZŐI	XI
Horváth István	

FÉLVEZETŐ KUTATÁSOK

AZ MTA MFKI FÉLVEZETŐ FŐOSZTÁLYA KUTATÁSI EREDMÉNYEI ÉS IPARI KAPCSOLATAI	3
Lendvay Ödön	
BRIDGMAN-MÓDSZERREL NÖVESZTETT GaSb ÖNTECSEK KRISTÁLYSZER- KEZETI VIZSGÁLATA	10
Koltai F., Hársy M., Lendvay Ö.	
AZ "EÖTVÖS" PROGRAM KISÉRLETI ANYAGÁNAK EDDIGI VIZSGÁLATI EREDMÉNYEI	14
Gyuró I., Hársy M., Görög T., Lendvay Ö., Pozsgai I., Koltai F.	
UJ NÉGYKOMPONENSŰ $A^{III}B^V$ FÉLVEZETŐ ANYAGOK ELŐÁLLÍTÁSA ...	20
Lendvay Ö.	
$A^{III}B^V$ TIPUSU FÉLVEZETŐ ANYAGOK TERMIKUS OXIDÁCIÓJÁNAK "IN SITU" VIZSGÁLATA	24
Farkasné-Jahnke M., Somogyi M.	
NÉGYKOMPONENSŰ ELEGYKRISTÁLY RÖNTGENDIFFRAKCIÓS VIZSGÁLATA	30
Petrás L.	
K-SÁVU GaAs GUNN-DIÓDA STRUKTURÁK VIZSGÁLATA	34
Kazi K., Mojzes I., Kovács B., Völgyi F.	
CSEPPSZÁMLÁLÓ ÉS CSEPEGÉSI JELLEMZŐ MÉRŐ ORVOSI CÉLOKRA ..	37
Lendvay Ö., Kazi K., Mojzes I., Reisinger Gy.	

IV

AZ ÓLOMSZULFID DETEKTORFEJLESZTÉS UJABB EREDMÉNYEI	40
Rakovics V., Hoffmann Gy., Görög T.	
GaAs-/GaAl/As KETTŐS HETEROEPITAXIÁS LÉZER	43
Andor L., Csontos Lné., Pfeifer J., Püspöki S., Radácsi f.	
LÉZERDIÓDÁK AKTIV RÉTEGÉNEK VIZSGÁLATA PÁSZTÁZÓ ELEKTRON- MIKROSKÓPPAL	49
Tóth A.L., Lábár J., Cseresznyák V., Pfeifer J.	
OPTIKAI SZÁLAK VÉGEINEK OPTIMÁLIS KIALAKÍTÁSA	52
Serényi M.	
FÉNYVEZETŐ SZÁLAK MÉRÉSE, VIZSGÁLATA	55
Andor L., Balázs J., Hoffmann Gy., Gál M.	
MNOS-SZERKEZETEK MEMÓRIA-HISZTERÉZISÉNEK KIÉRTÉKELÉSE....	59
Horváth Zs.	
A SZIGETELŐRÉTEG ELEKTROMOS TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA MNOS MEMÓRIA SZERKEZETEKBE	62
Tüttő P., Stubnya Gy., Horváth Zs., Balázs J.	

FÉMTANI KUTATÁSOK

A FÉMKUTATÁSI FŐOSZTÁLY TEVÉKENYSÉGE	67
Bartha L.	
VAS SZEGREGÁCIÓJA A WOLFRAM SZEMCSEHATÁRAIN HIG WFe ÖTVÖ- ZETEKBE	71
Uray L., Menyhárd M.	
AZ ERŐSEN ALAKITOTT WOLFRAM TORZIÓS INSTABILITÁSA	74
Szőkefalvi-Nagy Á.	
SZEMCSEHATÁROK HŐKEZELÉS SORÁN BEKÖVETKEZŐ SZERKEZETVÁL- TOZÁSA WOLFRAM HUZALOKBAN	77
Radnóczy Gy.	
FÉMKOMPOZITOK ERŐSÍTÉSÉRE HASZNÁLT WOLFRAM HUZAL SZERKE- ZETI VÁLTOZÁSAINAK VIZSGÁLATA	80
Kozma L., Lábár J.	
A HUZÓSZERSZÁM FEJLESZTÉSÉRŐL	83
Varga L., Horacsek Oné, Nagy T.A., Kozéky L.	

A KÉMIAI OSZTÁLY TEVÉKENYSÉGE AZ ELMULT ÉVEKBEN	85
Vadasdi K.	
AMMÓNIUM-HEPTAMOLIBDÁTOK ELŐÁLLÍTÁSA KÜLÖNBÖZŐ HIDROGÉN- ION KONCENTRÁCIÓJU OLDATOKBÓL; AZ ANYAGOK MORFOLÓGIAI, KÉMIAI ÉS RÖNTGEN VIZSGÁLATA	88
Tekuláné Buxbaum P., Grósz T., Farkasné Jahnke M., Vadasdi K.	
AZ ACÉLIPARI FOLYAMATELLENŐRZÉS EGYES KÉRDÉSEI	91
Kele A., Salamon A., Major J.	
A FOLYAMATOS ACÉLÖNTÉS MATEMATIKAI MODELLEZÉSE	95
Demendy Z.	
A FOLYADÉK-ÜVEG ÁTALAKULÁS ELMÉLETE	99
Gesztli T.	
PERKOLÁCIÓS MODELLEK VIZSGÁLATA	102
Kertész J., Vicsek T.	

SZERKEZETKUTATÁSOK

SZERKEZETKUTATÁSI EREDMÉNYEK A GYÁRTMÁNYFEJLESZTÉSBEN....	109
Zsoldos L.	
SI ALAPU ESZKÖZÖK PÁSZTÁZÓ ELEKTRONMIKROSKÓPOS VIZSGÁLATA.	112
Tóth A., Vladár A., Lábár J., Koltai F., Vértessy A., Sawicka D., Fetter L., Kormány T.	
DISZLOKÁCIÓK EBIC KONTRASZTJÁNAK ÉS FELBONTÁSÁNAK MÉRÉSE SI SCHOTTKY DIÓDÁKON	116
Tóth A.	
MAGAS HŐMÉRSÉKLETŰ VÁKUUMOS HŐKEZELÉS HATÁSA NiCr VÉKONY- RÉTEGEK SZERKEZETÉRE ÉS ELEKTROMOS PARAMÉTEREIRE	119
Barna Á., Sáfrán Gy., Tóth L., Korányi T., Menyhárd M.	
KÉMIAI UTON LEVÁLASZTOTT NIKKEL-FOSZFOR ELLENÁLLÁSRETEGEK HŐKEZELÉSE	124
Besenyeyi Gné., Zsoldos B., Gesztli Thé.	
OXIDÁLT ALUMINIUM VÉKONYRÉTEGEK ELEKTRONMIKROSKÓPOS ÉS ELLIPSZOMETRIAI VIZSGÁLATA	128
Barna B.P., Bodó Z., Gergely Gy., Ádám J., Jakab P.	

VI

SZENNYEZŐK R6 GYORSACÉL MELEGALAKITHATÓSÁGÁRA GYAKOROLT HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA	132
Gergely Gy., Menyhárd M., Szilvász Cs.	
KVANTITATIV AUGER SPEKTROMETRIA /AES/ TOVÁBBFEJLESZTÉSE ACÉLOK TÖRÉSI VIZSGÁLATI CÉLJÁRA	135
Gergely Gy.	
A PLATINA-KOROM KATALIZÁTOROK MORFOLÓGIÁJÁNAK ÉS ÖSSZETÉTELÉNEK VIZSGÁLATA TRANZMISSZIÓS ANALITIKAI ELEKTRONMIKROSKÓPIÁVAL	138
Barna Á., Barna B.P., Tóth L., Paál Z., Tétényi P.	
KRISTÁLYNÖVEKEDÉSI MODELLKISÉRLETEK OXIGÉNNEL SZENNYEZETT ALUMINIUM VÉKONYRÉTEGEKEN	143
Barna B.P., Reicha, F.M., Barcza Gy., Gosztola L., Koltai F.	
SZÁMITÓGÉPES MÉRŐ- ÉS ADATFELDOLGOZÓ RENDSZER ELEKTRONSUGARAS MIKROANALIZÁTOROKHOZ	147
Lábár J., Tóth A., Vladár A.	
ENERGIADISZPERZIV RÖNTGENFLUORESZCENS ANALIZIS A PÁSZTÁZÓ ELEKTRONMIKROSKÓPBAN	151
Pozsgai I.	
ENERGIADISZPERZIV RÖNTGENSPEKTROMÉTER JELFELDOLGOZÓ SEBES-SÉGÉNEK JAVÍTÁSA NYALÁBSZAGGATÁSSAL	156
Vladár A., Pozsgai I.	

OPTIKAI - ELEKTRONIKAI KUTATÁSOK

AZ OPTIKAI-ELEKTRONIKAI FŐOSZTÁLY 1980-81. ÉVI MUNKÁJÁRÓL...	163
Schanda J.	
FÉNYFORRÁSOK GONIOFOTOMETRÁLÁSA	168
Czibula Gy.	
GONIOFOTOMÉTER REFLEXIÓS ÉS TRANZMISSZIÓS MÉRÉSEKHEZ ...	175
Kántor K., Lánc J.	
FOTOMÉTERGÖMBÖS ÁTERESZTŐKÉPESSÉG- ÉS VISSZAVERŐKÉPESSÉG-MÉRŐ	185
Rácz M.	

AZ NBS /USA/ REFERENCIA SPEKTROFOTOMÉTERÉNEK KITERJESZ-
TÉSE AZ ULTRAIBOLYA SZINKÉP TARTOMÁNYBA 190
Eppeldauer Gy.

FÉNYFORRÁSOK ULTRAIBOLYA, LÁTHATÓ ÉS INFRAVÖRÖS SUGÁRZÁSÁ-
NAK MÉRÉSE HORDOZHATÓ FOTORADIOMÉTERREL 194
Ferenczi S., Lánc J.

LED-KIJELZŐK AUTOMATIKUS MÉRÉSE 198
Czibula Gy., Lánc J., Makai J., Makai J.

PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK 203

ELŐSZÓ

Az évkönyvünk előző /1979-es/ kötete előszavában már volt szó arról, hogy sok alaptudományos ismeretnek valahogyan alkalmazásig és termékig kell fejlődni, a kutató intézeteknek az innováció folyamatában lényeges szerepet kell játszaniuk. Ha az innovációs lánc egyes szektorait nézzük a jellegzetesszakember szükségletükkel, akkor körülbelül a következő képből indulhatunk ki:

Szektor	Szakemberszükséglet
Alap kutatás	Nagyon mély ismeretekkel rendelkező tudós
Alkalmazott kutatás	Nem annyira originális, inkább széleskörű ismeretekkel rendelkező tudós, természettudományosan tájékozott jó mérnök
Fejlesztés	Nagytudású mérnök, kapcsolattal az alap kutatás és termelés felé
Termelés	Mérnök, jó technológiai tudással és közgazdasági érzékkel
Értékesítés	Közgazdász, szervező, mérnök

Biztos, hogy ez az összeállítás nem végleges és nem is teljesen általános, mindazonáltal úgy érzem, hogy tartalmazza a lényeges vonásokat, és ahhoz elégséges, hogy a fejtegetéssel tovább lehessen menni.

Egy termék, vagy eljárás a kifejlődése során a teljes innovációs láncon végigmegy, amikor az egyik szektorból a másik-

ba kerül, az eredményeket az egyik szektor gazdája átadja a másik gazdájának. Ez az eredményátadás elvileg lehetséges írásbeli dokumentumok átadásával, úgy hogy az emberek nem is találkoznak. /Lehet, hogy a 21. században a szektorok határán felállított óriásszámitógépek el tudják látni ezt a feladatot, de ma még ettől nagyon messze vagyunk/. Azt hiszem, ma a normálisan járható út az, hogy ha valamely szektorban végzett munka olyan stádiumba jutott, hogy közeledik a szomszédos szektorba adás ideje, a szakemberek kezdjenek egymással és a témával ismerkedni, és a munkát lezáró dokumentumokat /erre változatlanul szükség van/ ismerős ismerősnek adja át. Ha ez a kapcsolat nem így alakul, az innovációs lánc egyes szektorai között nincs kommunikáció, az innováció meghiusul.

Mivel közismert, hogy hazánkban a nagylétszámú kutató-fejlesztő gárda jelentős összeget használ fel, a kifogásolható teljesítmény egyik oka az egyes szektorok függetlensége, a szektorok közti eredményátadás szervezetlensége.

Kétségtelen, hogy az eredményátadás szervezetlenségének veszélye akkor a nagyobb, ha mind az öt szektor különböző intézményhez, vállalathoz és minisztériumhoz tartozik, az egymással eredményátadási kapcsolatban levő szektorokban más és más érdek- és érték rendszerek, lojalitások uralkodnak.

Ha most át akarnánk esni a ló másik oldalára, azt lehetne javasolni, hogy a teljes innovációs lánc egyetlen szervezetbe tartozzék. Ez a dolgon önmagában nem segít, ha az átadó-átvevő kapcsolat ezzel jelentősen nem javul meg, hiszen érdekellentétek fennállhatnak az egy cégbe tartozó tudós-mérnök-termelő-értékesítő között is. Ez a szervezés nem is előnyös, hiszen a szervezetnek az innovációval foglalkozó egyes szektorai nem lehetnek mindig egyenletesen terhelve. Például a kutatás számára akkora kapacitást igényelnek, amire mindig nem lesz szükség, és csak egyes "csucs"-okban, elvonva a kutatási kapacitást más feladatoktól. Még rosszabb lenne, ha túl kevés kutatást igényelnének. Magam úgy érzem, hogy az egységes szervezés követelése nem eléggé átgondolt agresszivitás, a helyes megoldás nem az egységes szervezet, hanem az egységes vezetés, amely ott és akkor igényel többletkapacitást, ahol és amikor arra tényleg szükség van.

A véleményem az, hogy általában két szervezetbe kell a teljes innovációs láncot szervezni, közöttük átlapoló szektorokkal és a két szervezetnek tartalmasan kell együttműködni.

A Műszaki Fizikai Kutató Intézet ereje az alkalmazott kutatásban van; alapkutatást nem általában, csak egy határozott célokra orientáltan végez. Ha szükséges, saját erejéből több kutatót állít ilyen feladatra, vagy ha ez nem elég, ill. kevés tudású kutatók vannak más munkahelyeken, elsősorban egyetemi tanszékeken, ezen kutatókapacitás kihasználására szerződést köt. Az alkalmazott kutatás előrehaladásával megindul a fejlesztési munka is. Gyakori eset az, hogy a fejlesztési munka már a termelővel kooperációban folyik.

Elgondolkoztató, hogy intézetünk ipari kapcsolataiban az NDK-s vállalatok milyen jelentős szerepet játszanak. Részarányuk a szerény 1977-es kezdés után ma már meghaladja a 30 %-ot. Ezt az eredményt nem a hazai megbízások visszautasításával értük el, hanem objektíve mérhető teljesítéseink készítették partnereinket nagyobb és komolyabb feladatok kitűzésére.

Az évkönyvben az 1980-as és 81-es évek eredményeiről írt rövid összefoglalók szerepelnek, reméljük, hogy az Olvasó hű képet kap Intézetünk munkájáról.

^
M. M. M.

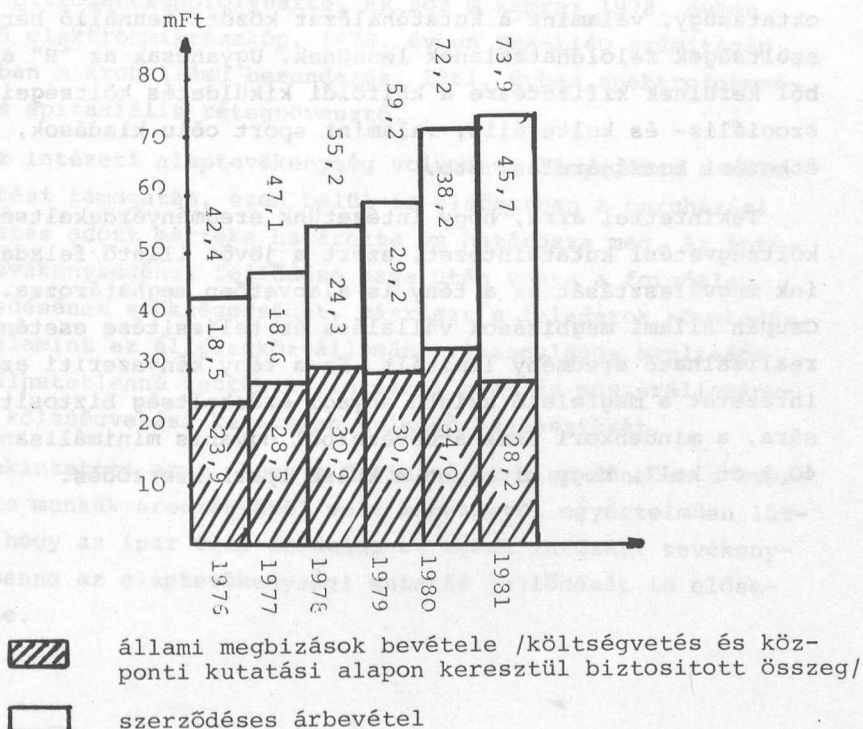
AZ INTÉZET GAZDÁLKODÁSÁNAK FŐBB JELLEMZŐI

Horváth I.

Az intézetben folyó kutatómunka jellege az elmúlt években lényegében változott meg. Amint az a tudománypolitikai irányelvekben is kifejezésre jutott, hazánkban erősíteni kell a kutatás és a termelés összhangját. Ennek megfelelően az intézet egyre inkább a népgazdaság egyes aktuális termelési és fejlesztési feladatainak megoldásához kívánt és kíván hozzájárulni.

Több gyárral, intézménnyel hoztunk létre gyümölcsöző munkakapcsolatot, együttműködési, fejlesztési vagy kutatási szerződés keretében. Valamennyi kutatási téma vagy országos kutatási főirányhoz tartozik, vagy ipari fejlesztés.

Az árbevétel alakulását és annak összetételét az 1976-1981 években az alábbi diagramm szemlélteti:



Az intézet létszámának alakulását főbb foglalkozási területek szerint és összesen a következő táblázat mutatja:

Év	Tud.kut. fejl.	Dipl. műsz. alk.	Kutató fejl.s. szem.	Egyéb fiz. és nem fiz. fogl.	Össz.	Tud.foko- zattal ren- delkezők
1976	84	20	119	104	327	19
1977	87	26	124	118	355	23
1978	86	25	93	143	347	25
1979	89	28	88	130	335	26
1980	91	27	100	122	340	28
1981	90	27	99	121	337	29

Meghatározó jelentőségű intézetünkben az "R" alap szerepe. Nálunk is, mint a Magyar Tudományos Akadémia kutatóintézeteiben általában, jelentős jövedelem-módosító szerepe van az "R" alapból kifizethető jutalmaknak. Ennek hiányában az ipar- és oktatásügy, valamint a kutatóhálózat között fennálló bérfe-szültségek feloldhatatlanok lennének. Ugyancsak az "R" alapból kerülnek kifizetésre a külföldi kiküldetés költségei, a szociális- és kulturális, valamint sport célú kiadások, az étkezési hozzájárulás, stb.

Tekintettel arra, hogy intézetünk eredményérdekeltségű költségvetési kutatóintézet, ezért a jövőt illető feladataink megválasztását ez a tény is alapvetően meghatározza. Csupán állami megbízások vállalása és teljesítése esetén a realizálható eredmény limitált. Ez a tény kényszeríti az intézetet a megfelelő szintű anyagi érdekeltség biztosítására, a mindenkori össz-árbevételből ugyanis minimálisan 40 %-ot kell, hogy kitegyen a külső ipari szerződés.

Intézetünk az említett időszakban a központi kutatási alapról vagy azon keresztül is jelentősnek mondható támogatást kapott. A központi kutatási alapról a JEOL JSM 35 pásztázó elektronmikroszkóp üzemeltetésére 8 millió Ft-ot, központi kutatási alapon keresztül az OMF B FAMOS áramkörök fejlesztésére 10 millió Ft-ot, míg az akusztoelektromos felületi hullámu szűrők fejlesztésére 5 millió Ft-ot kapott az intézet.

Az 1976-1981. években megvalósított gép- és műszer beruházások értéke millió Ft-ban az alábbi:

1976	1977	1978	1979	1980	1981
10,5	20,1	17,6	18,9	6,0	8,1

Lényegesebb beszerzések a következők voltak: 1976. évben spektrofotométer, ultravákuum párologtató, He-Ne laser; 1977. évben nitrogéncseppfolyósító, FR 503 G kamra; 1978. évben JSM-35 elektronmikroszkóp, 1979. évben TPA-1140 számítógép, 1980-ban mikrohullámu berendezés, 1981. évben spektrofotométer és epitaxiális rétegnövesztő.

Az intézeti alaptevékenység volumenét lényegében a költségvetési támogatás, ezen belül is elsősorban a beruházási támogatás adott mértéke határozta és határozza meg. Az intézet tevékenységének fejlődése maga után vonta a forgóalap növekedésének szükségességét, másrészt a feladatok növekedése, valamint az állóeszköz-állomány viszonylagos avultsága elkerülhetetlenné tették az intézeti gép- és műszerállományuk a költségvetési kereteken túlmenő fejlesztését.

Tekintettel arra, hogy a fejlesztési alap döntően a szerződéses munkák eredményéből volt képezhető, egyértelműen látható, hogy az ipar felé fordulás az egész intézeti tevékenység, benne az alaptevékenységi kutatás fejlődését is elősegítette.

A megváltozott szabályozó rendszerből eredően az intézet úgy igyekszik irányítani a tevékenységét, illetve a kutatási területének megválasztását, hogy a fenti követelménynek megfeleljen. A jelen időszakban művelt kutatási témák, illetve fejlesztések kielégítik ezt a feltételt, miután több kutatási eredmény ipari bevezetésére van szerződésünk az érdekelt ipari vállalatokkal. A szabályozórendszer ugyanis - nagyon helyesen - az ilyen jövedelmeket teszi a legkivánatosabbá.

Ebből következően új feladatként jelentkezik a gazdálkodás területén számunkra a fokozottabb piaci munka, nemcsak hazánkban, hanem külföldön is. A külföldi licenc-értékesítés területén a sorozatgyártásra megrendelt, általunk kifejlesztett műszerek előállításra, illetve továbbfejlesztésére a RADELKIS Szövetkezettel kötöttünk kutatási fejlesztési, termelési társasági szerződést. Igen jelentősek a Dunai Vasművel, továbbá a TESCO Külkereskedelmi Vállalat közreműködésével az NDK VEB Werk für Fernseh-elektronik /Berlin/ és az AKADIMPORT bonyolításával a NARVA cégekkel kötött kutatási szerződéseink.

Az ebből fakadó munkák beillesztése a már korábban kialakított rendszerbe egyik megoldandó feladatunk.

FÉLVEZETŐ KUTATÁSOK

AZ MTA MFKI FÉLVEZETŐ FŐOSZTÁLYA KUTATÁSI EREDMÉNYEI ÉS IPARI KAPCSOLATAI

Lendvay Ödön

Az 1979-ben megjelent magyar nyelvű évkönyv jó keresztmetszetet adott az V. ötéves tervben folytatott tevékenységről; a kutatás területeiről és az egyes eredményekről. Az 1981-es áttekintés már egy új tervidőszakban, részben a korábban megindított kutatás-fejlesztés folytatásáról, részben új területekről és eredményekről számol be. Az országos kutatásirányítással, a tervidőszakra kialakított Országos Központú Kutatás-Fejlesztési Tervekkel /OKKFT/ összhangban legfontosabb feladatunk, hogy a GaAs egykristályok előállítására és feldolgozására irányuló kutatás-fejlesztés jelentős részét az OKKFT-A13/4 és az OKKFT A4/3.2 programok keretében megoldjuk. Ezek a programok nemcsak a hazai Ga nagy értékű félvezető kristályokká való feldolgozásához kívánnak technológiát adni, de az innovációs lánc eddig nem művelt részeit is tervbe vették; részben új, GaAs alapú mikroelektronikai elemek /térvezérelt tranzisztorok, MESFET-ek és áramköri elemek; optoelektronikai elemek stb./ fejlesztésével, részben ezek konkrét gyakorlati alkalmazásával. A fenti tevékenységek bázisintézete az MTA MFKI.

Az említett elemek egyre nagyobb szerephez jutnak a mikrohullámu híradástechnika, geodézia, űrholdas távközlés, optikai hírközlés és az igen nagy sebességű számítástechnika területén. A fenti program keretében valósítottuk meg a már korábban kidolgozott, GaAs alapú Gunn és Schottky diódák nagyobb darabszámú előállítását is, melyekkel az 1980-81. években a jelentkező hazai igényeket kielégítettük.

Részletesebben megvizsgálva a Főosztály tevékenységét, az egyes részterületeken folytatott munkáról a következők mondhatók el:

Főosztályunk GaAs programjában folytattuk a hazai Ga félvezető GaAs-é történő feldolgozását. Kísérleteinknek több célja is volt:

- i/ Minősítő és analitikai módszerek kifejlesztésével ill. meghonosításával megteremtettük az egykristály gyártáshoz szükséges infrastruktúra döntő elemeit.
- ii/ A szintéziskísérletek és az előállított GaAs egykristályok félvezető tulajdonságainak komplex vizsgálatával a hazai /az Alumíniumipari Tröszt által gyártott/ Ga és a szocialista importból származó As, valamint a technológia során alkalmazott szerkezeti és segédanyagok minőségéről informálódtunk.
- iii. A keletkezett tömbi és epitaxiás anyagokat feldolgoztuk eszközfejlesztési programjaink keretében.

A fenti program során mozgó részeket nem tartalmazó, új rendszert fejlesztettünk ki, mely szintézisre és Bridgman-típusú kristálynövesztésre alkalmas egyetlen lépésben. A keletkezett anyagok vizsgálata azt mutatta, hogy a felhasznált anyagok minősége lehetővé teszi félvezető hordozókristály és Cr-al kompenzált félszigetelő GaAs előállítását. A nagytisztaságú félszigetelő kristályok előállítása azonban valószínűleg az alapanyagok további tisztítását igényli.

Folytatódott a Ga GaSb-é történő feldolgozása is. Ez a munka különösen az első magyar űrtechnológiai kísérletek során nyert jelentőséget, ui. a Szaljut-6 fedélzetén végzett félvezetőtechnológiai kísérletsorozat /az "Eötvös"-kísérletek/ során az egyik feladat éppen GaSb növesztése volt. A földi és űrkísérletek összehasonlításából sikerült megállapítanunk, hogy a kristályosodásban lényeges eltérések vannak. A mikrogravitáció körülményei között keletkezett kristályok minősége jobb, mint a földi kísérletek során keletkezett kristályoké. A jelenség hasonló az amerikai Skylab kísérletek során InSb-nál megfigyelt jelenséghez. Értelmezésére kiterjedt vizsgálatok indultak, melyek jelentős része Intézetünkben folyik.

A hazai Ga-ból szintetizált és növesztett GaSb egykristályokat hordozókristályként is felhasználtuk új félvezetőanyagok, AlGaInSb és GaPasSb epitaxiás növesztéséhez. Ezeket az anyagokat valószínűleg az optoelektronikában fogják alkalmazni.

Tevékenységünk egyik legfontosabb része GaAs alapu mikro-hullámu eszközök fejlesztése volt. A korábban kifejlesztett, 8-11 GHz tartományban működő Gunn és Schottky diódák mellett 20 GHz frekvenciáig működő elemeket állítottunk elő, lehetővé téve számos új alkalmazást. A diódák előállítási technológiájának több pontját változtattuk meg a nagyobb kihozatal és megbízhatóság elérésére. Az előállítási technológia mellett a fenti eszközök minősítésére alkalmas mérőhelyek is létrejöttek annak érdekében, hogy a hazai igényeket megfelelő minőségű mikrohullámu, aktiv elemmel elégítsük ki. Az alkatrészek kifejlesztéséhez jelentős alapkutatási tevékenység is járult, elsősorban a GaAs-fém rendszerek kutatása terén. Ez utóbbi területen Főosztályunk kutatói figyelték meg a GaAs anomális, alacsony hőmérsékletű bomlását egyes, kontaktálásához is használt, fém rétegek jelenlétében. A jelenség felismerése tette lehetővé új kontaktálási módszerek kifejlesztését nagy teljesítményű Gunn diódák előállításában. Hasonlóan értékes eredmények születtek az igen kis felületű $d < 10 \mu\text{m}$ Schottky kontaktusok kialakításában is, ahol új reziszt-kémiai és fémzési eljárások segítségével a nyugati céltípusokkal egyenértékű Schottky diódákat sikerült kidolgoznunk. Mind Gunn, mind Schottky diódáinkat több kutató-fejlesztő és termelő egység alkalmazta; így pl. a Távközlési Kutató Intézet és a Finommechanikai Vállalat egyaránt felhasználta őket fejlesztéseihez.

A Félvezető Főosztály a mikrohullámu aktiv elemek fejlesztése mellett sikeres alkalmazástechnikai kutatásokat és fejlesztő munkát is folytatott, melyhez saját GaAs alapu, mikro-hullámu aktiv eszközeit használta fel. Ezek segítségével kifejlesztett adó és vevőmoduljainkat számos külső fejlesztő és ipari intézmény használta fel híradástechnikai, biztonságtechnikai és egyéb célokra. 1980-81-ben a Műszeripari Kutató Intézet, a Híradástechnikai Ipari Kutatóintézet, a Magyar Optikai Művek és számos más fejlesztő és termelő intézmény építette

be az MFKI mikrohullámu modulokat berendezéseibe. Maga az MFKI is felhasználta a fenti adó és vevőmodulokat; a kifejlesztett biztonságtechnikai és orvosi alkalmazások igen nagy érdeklődést keltettek. Angiológiai alkalmazására, a vörösvértestek deformabilitásának mérésére épített célberendezésünk az Országos Kardiológiai Intézet után jelenleg Londonban van klinikai kipróbáláson. Megkezdődtek azok az alapozó kutatások is, melyek segítségével GaAs MESFET elemek fejlesztése indul meg. Ennek keretében megkezdődött Főosztályunkon az alacsony hőmérsékleten GaAs-ra leválasztott dielektrikumok vizsgálata, és az alacsony hőmérsékletű technológiák bevezetésének előkészítése.

Egyre növekszik az igény az optoelektronikai termékek iránt is. A Főosztályunkon az elmúlt évek során kidolgozott PbS és PbSSe vékonyréteg infravörös detektorokat jelenleg a Labor-MIM alkalmazza analitikai berendezéseiben. Ezen a területen a detektorok érzékenysége és stabilitásának jelentős növelésével a világpiacon is versenyképes elemeket sikerült kifejlesztünk, melyek reflexiós és védőrétegekkel ellátva távhőmérőként is alkalmazhatóak.

Optoelektronikai kutatásaink területén legnagyobb jelentősége a félvezető lézerek fejlesztésének van. A nemzetközi érdeklődéssel egyidejűleg megnőtt a hazai érdeklődés is a híradástechnikai, számítástechnikai, automatizálási és egyéb célokra alkalmazható félvezető lézerek iránt. A Főosztályunkon folyó munka első lépésként GaAs/GaAlAs alapu, szobahőfokon, folytonos üzemmódban dolgozó lézerek kifejlesztését tűzte ki célul. Ezek híradástechnikai alkalmazását részben a Postával ill. a Postakisérleti Intézettel, részben a TKI-val együttműködve kívánjuk megoldani. Az optikai hírközléshez szükséges jelátalakító kifejlesztése céljából előállított félvezető lézereink jelenleg teljes felületükön kontaktált, mikronos aktív tartományu diódák. A korszerű, szubmikronos, alacsony küszöbáramu, csik-kontaktus geometriájú típusok fejlesztése jelenleg folyik, biztató eredményekkel. Ez a munka széleskörű alapkutatással is társul, melynek keretében fejlesztjük a szubmikronos heteroepitaxiás növesztéshez szükséges módszereket

és berendezéseket. A heterogén fázisok egyensúlyainak tanulmányozásával, a szegregációs folyamatok és adalékolás kutatásával fejlesztettük ki jelenleg használt technológiai módszereinket. Az optikai hírközléshez elengedhetetlen szálműsítési méréseket, hazánkban először, a Főosztályunkon végeztünk. Az optikai szálak legfontosabb tulajdonságainak /törésmutató eloszlás, diszperziós jelenségek, stb./ mérését a létrejött laboratórium folyamatosan végzi, jelentős segítséget adva a Postának az optikai telefonvonalak telepítésének előkészítéséhez. A kialakult, korszerű laboratórium mind saját kutatásaink, mind az optikai híradástechnika meghonosításának bázislaboratóriuma.

A nem-híradástechnikai lézeralkalmazások közül egyik legjelentősebb fejlesztés a számítástechnikai alkalmazás, ahol a kiolvasó és nyomtató egységek egyik legfontosabb eleme a félvezető lézer. Az utóbbi időben különösen fontossá vált gyors nyomtatókban alkalmazható elemek látható, ill. az infravörös és látható tartomány határán emittáló félvezető lézert igényelnek. Ennek fejlesztése a Videotonnal együttműködésben szintén megindult Főosztályunkon. A fenti elem előállítására során elsősorban a spektrális tartomány helyes megválasztása döntő, ui. a xerográfiás eljárásokhoz a megfelelő sugárzási teljesítményt a sugárzás rövid hullámhosszán kell biztosítani.

Az V. ötéves terv során kialakult közvetlen kapcsolat az NDK Mikroelektronikai Kombináthoz tartozó WF-Berlin és Intézetünk között szintén tovább erősödött. A Félvezető Főosztály aktív közreműködésével a német fénydióda gyártás jelentős előrehaladást tett. Kutatási eredményeink számos ponton - legnagyobb mértékben az élettartam növelése terén - hasznosan járultak az NDK fél fejlesztési erőfeszítéseéhez. Mélynívó kutatásunk határozott kapcsolatot talált a félvezetőben levő lokális nívók és a fényerő időbeni csökkenése között. Ez az alapkutatási eredmény, kiegészítve megbízhatósági és technológiai eredményekkel, lehetővé tette eredményeink közvetlen hasznosítását a termelésben és új termékek fejlesztésében. A kutatás során Főosztályunkon kifejlesztett mélynívó spektrométer több példánya került az NDK-ba részben kutatási, részben

fejlesztési ill. gyártmány ellenőrzési területre. A német féllel kötött szerződéses kapcsolatunk az elért eredmények alapján folytatódik, és tovább bővül a jelen tervidőszakban is. Folytatódik a fénydiódákban lezajló rekombinációs és öregedési jelenségek kutatása, mélynivospektroszkópiái, szilárdtest optikai és élettartam mérési eljárások alkalmazása a fénydiódák hatásfokának és élettartamának növelése érdekében. Együttműködésünk új területekkel is bővül; ebben a tervidőszakban indul meg nagy teljesítményű, infravörös fényforrások és félvezető lézerek fejlesztése, melyhez Intézetünk dolgozza ki a szelástechnológiát, és a félvezető strukturákat a WF-Berlin fejlesztő laboratóriumaiban dolgozzák fel optoelektronikai elemekké. A kutatások során kidolgozott mélynívó spektrométerünk jelenleg az egyetlen olyan berendezés, mely sorozatban gyártható és mely nagyságrendekkel érzékenyebb az ismert laboratóriumi berendezéseknél. Sikerét az is mutatja, hogy 1980-81. során az NDK mellett Csehszlovákiában és Lengyelországban is több készüléket vásároltak, és további szovjet, bolgár és jelentős nyugati érdeklődés is mutatkozott a berendezés iránt.

Főosztályunkon az V. ötéves terv során kifejlesztett Si-eszközök; MNOS típusu memória és CCD eszközök kutatási programjának befejező szakaszában a fenti eszközök hazai alkalmazhatóságának vizsgálatait folytattuk 1980-81-ben. Kísérleteinkben a teljesen dekódolt, 64 bites MNOS memória tranzistorokat tartalmazó áramkör vizsgálata azt mutatta, hogy a memória IC kompatibilis, és rendelkezik a kívánt tároló tulajdonságokkal. A kifejlesztett technológia ill. áramköri struktúra hazai körülmények között is alkalmas 1-2 kbites, elektromosan újraprogramozható, nem illékony memóriák létrehozására, melyeket telefonhívás-számlálóként, nyomógombos telefonokban memóriaként, számítástechnikában átprogramozható ROM-ként lehetne alkalmazni, de már a kész, kifejlesztett, egyszerű elemek is alkalmazhatóak gyakorlati célokra /pl. mosógép programkapcsolóba, áramkimaradás jelzőként, rádió és TV programbeállítóként, biztonsági zárként stb./. Az elmúlt két év során CCD-inkből szelektív frekvenciaszűrőket

alakítottunk ki. A HIKI-vel együttműködésben folytatódott a Főosztályon a p-csatornás, 2 kbit/s FAMOS áramkörök diagnosztikai kutatása is, melynek keretében a 3702A típusu HIKI kísérleti gyártmány megbízhatósági és kihozatali paramétereit vizsgáltuk. Ezen belül a beirhatóság és tilthatóság a töltéstárolás /szivárgás/ és törölhetőség analízise igen hasznos adatokat szolgáltatott a HIKI-technológia módosításaihoz, ill. fejlesztéséhez. A Si eszközökön szerzett, több mint egy évtizedes tapasztalataink egy részét GaAs planáris eszközök fejlesztésében kívánjuk hasznosítani.

A fenti vizsgálatokhoz több, az eszközök működésével kapcsolatos alapkérdésben is sikerült új eredményeket elérnünk. Így pl. szigetelőrétegek villamos tulajdonságainak kutatása során nemzetközileg is értékes megfigyeléseket tettünk MOS és MNOS szerkezetek határfelületi állapotainak, memóriatulajdonságainak vizsgálata során. Ezek az eredmények saját felhasználásunk mellett elsősorban a hazai, mikroelektronikai program végrehajtása során kerülhetnek felhasználásra.

BRIDGMAN-MÓDSZERREL NÖVESZTETT GaSb ÖNTECSEK KRISTÁLY- SZERKEZETI VIZSGÁLATA

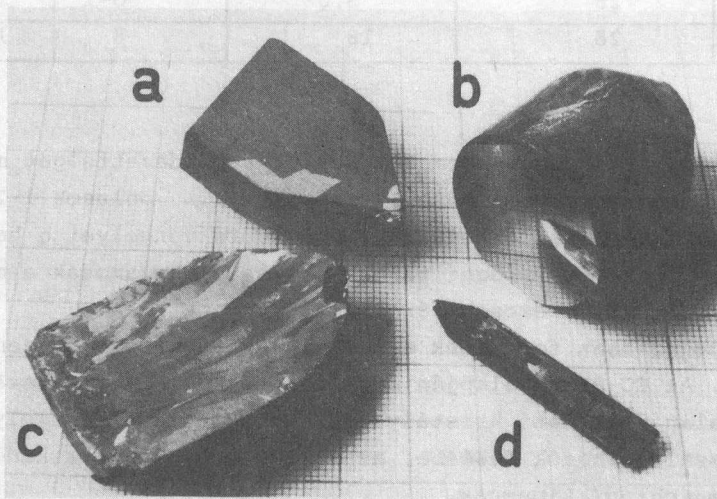
Koltai F., Hársy M., Lendvay Ö.

A GaSb kedvező optoelektronikai tulajdonságainak köszönhetően a közeli infravörös tartományban működő eszközök egyik legfontosabb alapanyaga. Rácsállandója közel egyezik egyes három- és négykomponensű félvezetőkével /AlGaSb, GaInSb, GaInAsSb, AlGaAsSb/, ezért kiváló szubsztrát különféle fotodetektor és lézer szerkezetek növesztésére. A szükséges jó minőségű, nagyméretű GaSb egykristályok előállítását megnehezíti, hogy az anyag ikerképződésre és polikristályos növekedésre hajlamos.

A vizsgált GaSb kristályok növesztése függőleges tengelyű Bridgman-módszerrel történt¹. Az elkeskenyített végű kvarc ampullába zárt alapanyagot rádiófrekvenciás térrel 718°C -ra melegítettük, majd a magas hőmérsékletű térből egyenletes sebességgel kihúztuk. A kristály az ampulla hegyében képződött magra növekedett rá. Kétféle ampulla átmérővel /8 és 28 mm/ és több huzási sebességgel /0,3, 3,6, 18 mm/óra/ készültek kristályok. A tömböket a hossz tengely mentén félbevágtuk, políroztuk, majd $\text{HCl}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$ /1:1:2/ oldatban marattuk. Az előhívódott hosszukás szemcsék egymással közel párhuzamosak, irányuk a hossz tengellyel néhányszor 10° -os szöget zár be /1. ábra/.

A szemcsék kristálytani orientációját elektron csatorna-hatás /EC/ módszerrel határoztuk meg pásztázó elektronmikroszkópban /PEM/. A módszer azon alapszik, hogy az elektronok behatolási mélysége függ attól, hogy milyen kristálytani irányból érik a mintát. A PEM elektronsugarát $\pm 8^{\circ}$ -os szögben, két irányban billegtetve mérjük a visszaszóródó elektronok mennyiségét. A katódsugárcső pontjainak fényességét ezzel a mennyi-

séggel arányosan változtatva megjelenik az un. EC ábra, amely sávokból és vonalpárokból áll. Az ábra alapján meghatározható az elektronsugár által bombázott $10\text{ }\mu\text{m}$ átmérőjű, 100 nm mélységű kristálydarab orientációja. A mintát a sugár alatt mozgatva az EC ábra megváltozása felfedi a marás által elő nem hívott szemcsehatárokat is.



1. ábra

GaSb öntecsek. Növesztési sebességek:

a/ 3.6 mm/óra

b/ 3.6 mm/óra

c/ 18 mm/óra

d/ 0.3 mm/óra a csucs közelében

18 mm/óra a henger alaku részen

A különféle körülmények között növesztett öntecseket egy-egy átmérő mentén vizsgáltuk. A kis- és nagyszögű szemcsehatárok sűrűsége azt mutatja, hogy nincs lényeges különbség a 0.3 és a 3.6 mm/óra sebességgel növesztett kristályok között, ugyanakkor a 18 mm/óra sebességű növesztés a minőség lényeges romlását okozza /1. táblázat/. A nagyobb átmérőjű ampullákban a magképződés sűrűsége kisebb.

1. táblázat

Minta	Ampulla átmérő [mm]	Növekedési sebesség [mm/óra]	Szemcsehatárok sűrűsége [1/cm]	
			kisszögű	nagyszögű
1	8	0.3	4	6
2	8	18	10	20
3	28	3.6	0-1	7
4	28	18	8	16

Valamennyi öntecs szemcséi texturás rendezettséget mutatnak². A hossztengelyhez közeli irányú $\langle 110 \rangle$ pólusok 1-2°-os szögtartományban csoportosulnak, a textura tengelyei a hossztengellyel 5-28°-os szöget zárnak be, és párhuzamosak a metszeteken látható szemcsehatárokkal.

Nagy számban fordulnak elő a mintákban kisszögű szemcsehatárok. Az EC ábrák alapján megállapítottuk, hogy a határok két oldalán található kristályszerkezetek $\langle 110 \rangle$ tengelyű forgatással hozhatók fedésbe, azaz kisszögű sikilleszkedéses /plane-matching/ típusúak.

A nagyszögű szemcsehatárok esetében számítással határoztuk meg a forgatás tengelyét és szögét. A lassabban /0.3 és 3.6 mm/óra/ és gyorsabban /18 mm/óra/ növesztett kristályokban különböző jellegű szemcsehatárokat találtunk. Az előbbieken az öntecset hosszan átszelő ikerlamellák keletkeztek, amelyek gyakran az ampulla falától indultak. A 18 mm/óra sebességű növesztés hatására kialakult szemcsehatárok nem tartoznak egyetlen alacsonyenergiás, speciális típusba sem.

Vizsgálataink alapján megállapítottuk, hogy a növesztési sebesség emelése egy bizonyos érték felett ugrásszerű minőségromlást okoz. Kisebb sebesség mellett a nagyobb átmérőjű kristályokban nagyobb méretűek az egykristályok. Az ikerképződés részben az ampullafal hatásának tulajdonítható.

1. M. Hársy, T. Görög, E. Lendvay and F. Koltai, Direct synthesis and crystallization of GaSb, J. Cryst. Growth 53, 234 /1981/
2. F. Koltai, M. Hársy and E. Lendvay, megjelenés alatt.

AZ "EÖTVÖS" PROGRAM KISÉRLETI ANYAGÁNAK EDDIGI VIZSGÁLATI
EREDMÉNYEI

Gyuró I., Hársy M., Görög T., Lendvay Ö.,
Pozsgai I., Koltai F.

Az Eötvös program három - $A^{III}B^V$ típusu félvezető anyag előállításával kapcsolatos - kísérletből állt:

- EK-1 - Félsgizigetelő /krómmal adalékolt/ GaAs növesztése a THM /Travelling Heater Method/ elrendezésének felhasználásával.
- EK-6 - Indium antimonid /InSb/ kristályosítása olvadékból, magkristály felhasználásával.
- EK-7 - Gallium antimonid /GaSb/ kristályosítása olvadékból magkristály nélkül.

A kísérletek célja az volt, hogy egyrészt újabb információt nyerjünk a kristályosodás folyamatáról, másrészt, hogy speciális tulajdonságu anyagot állítsunk elő a földi vizsgálat, illetve az esetleges eszközkészítés számára.

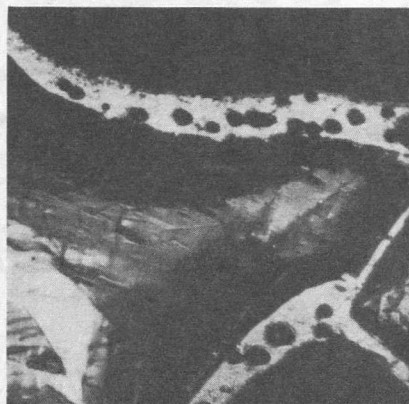
A kísérletsorozat összeállításánál különös gondot kellett fordítani a mag és az olvadékok nedvesítésének, a megszilárduló olvadékok hőtágulásának és a biztonságtechnika kérdéseire. A kísérletek megtervezése és a kísérleti anyag összeállítása az MTA MFKI Félvezető Főosztályán történt¹.

A kísérleteket 1980 májusa és szeptembere között végezték el a "SZALJUT-6" űrállomás fedélzetén levő "KRISZTALL" berendezésen.

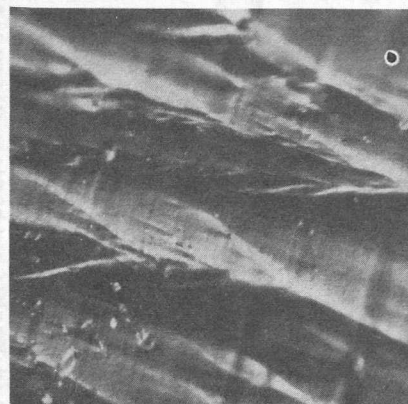
A kvarc ampullából kivett kristályok először fény és scanning elektron mikroszkópos felületi morfológiai vizsgálatokon estek át, amelyek a GaSb minta felületén jellegzetes "bordás" szerkezet jelenlétét mutatták /l. ábra/. Az anyag csak ezen "bordák" mentén érintkezett a kvarc ampulla falával. A bordák kialakulását és természetét egy külön cikkben értelmeztük⁴.



a/



b/



c/

1. ábra Jellegzetes felületi morfológiák az Ek-7 /GaSb/ kristály felületén

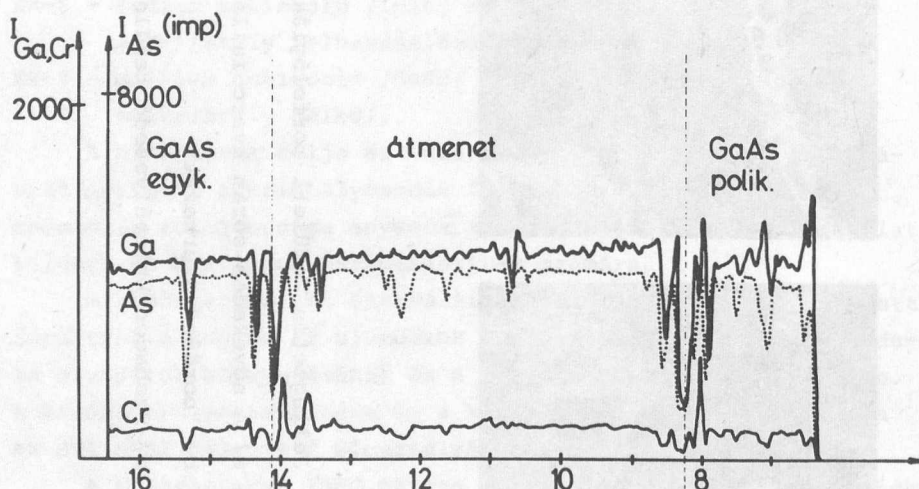
a/ A növekedés során kvarc fallal érintkező kristályrész

b/ "bordás" szerkezet

c/ Szabadon kristályosodó terület

A scanning elektron mikroszkóp segítségével kvalitatív felületi analizist is végeztünk, amely a GaSb és InSb esetében sztöchiometrikus összetételt mutatott. A GaAs mintánál azt tapasztaltuk, hogy az egykristályos mag és a polikristályos öntecs között lévő Ga zónában az As viszonylagos csökkenése állapítható meg /a Ga-hoz viszonyítva, a magtól a polikristályos öntecs felé haladva/. A zóna két végén erőteljes króm feldusulás jelentkezik /2. ábra/.

Az elektron channeling vizsgálatok az InSb esetében erősen polikristályos szerkezetet mutatnak, míg a GaSb-nál makrokristályok jelenlétét mutattuk ki. /Ez utóbbit egészíti ki a KFKI-ban elvégzett Rutherford Back Scattering vizsgálat, amely a felület közelében kristálytanilag jó minőségű anyagot jelez/.

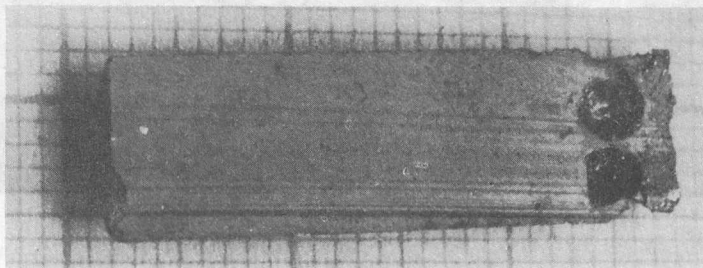


2. ábra

A következő lépés a minták darabolása volt. Az EK-1 esetében a darabolás után láthatóvá vált, hogy a Ga zónában két "buborék" keletkezett, ami a magkristályra való rétegfelnövekedést erőteljesen gátolta /3. ábra/. Ez azt jelenti, hogy, bár a nedvesítési problémák megoldására tett erőfeszítéseink sikeresek voltak, a továbbiakban a buborékképződés lehetőségének figyelembevételével módosítani kell az ampullakonstrukciót.

Az EK-6, EK-7 minták /mind az űrminta, mind a földi kontrollminta esetében/ végéből 4-4 szeletet levágtunk, a megmaradó öntecsek közepéből - azok hossz tengelye mentén - egy-egy kb. 2 mm vastagságú lapkát vágtunk ki hurosság vágó segítségével. /South Bay Technology; El Monte; California; Modell 850/ Az így kapott szeleteket csiszoltuk, políroztuk.

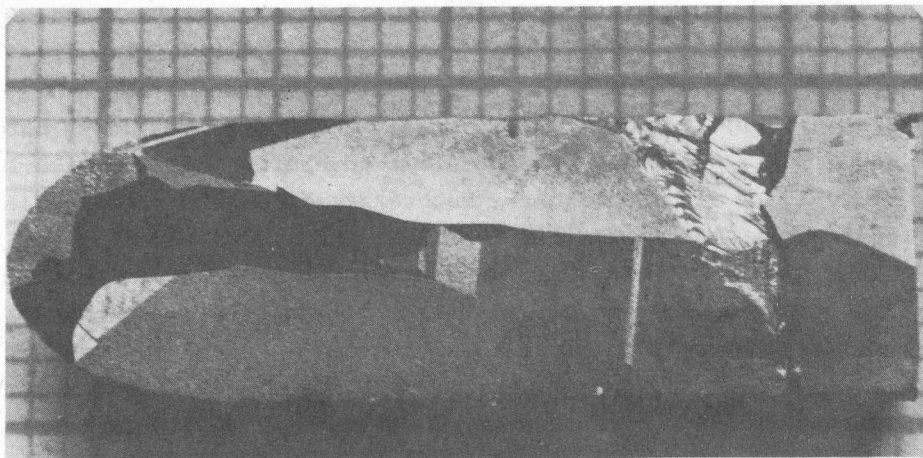
A fázishatárok kémiai maratással történő előhívása megerősítette az elektron channeling vizsgálatok eredményét /4. ábra/. Az InSb esetében erősen polikristályos anyagot kaptunk, míg a GaSb esetében lényegében két kristallit keletkezett /a kristály felületéről induló néhány ikersík benövésével/.



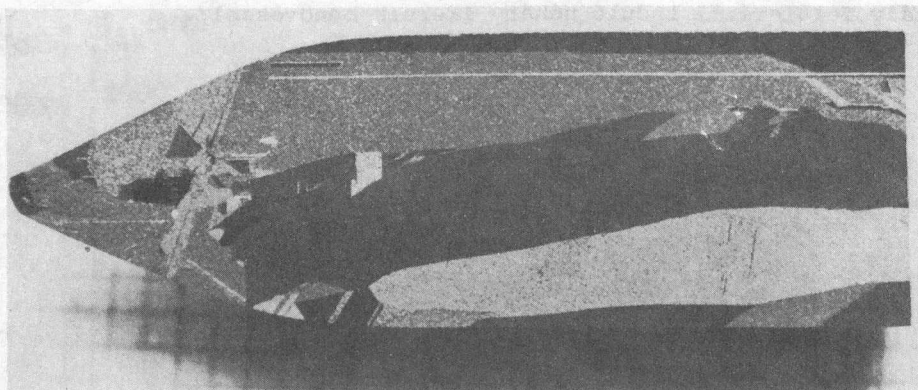
3. ábra

EK-1 /GaAs/ kristály darabolás után





a/



b/

4. ábra Előhívott krisztallithatárok a GaSb kristályokon
- a/ üres minta
- b/ földi kontroll minta



A GaSb öntecs végéből származó kör alakú szeleten diszlokáció előhívást végeztünk $\text{HF:H}_2\text{O}_2\text{:H}_2\text{O:CH}_3\text{COOH} = 9:5:10:1$ arányú maró segítségével/ mind az űr mintán, mind a földi kontroll mintán. A mart szeleteket scanning elektron mikroszkópban /100-as nagyítással/ feltérképeztük. A kirajzolódó diszlokáció kép értékelése jelenleg folyik.

A vizsgálatok kiértékelése után lehetőség nyílik a GaSb anyagnak eszközkészítés céljára történő felhasználására, míg a GaAs és az InSb esetén a nyert információkat a program továbbfolytatásában kívánjuk felhasználni.

1. Lendvay Ö., Görög T., Hársy M., Gyuró I., Gyulai J.,
Az EÖTVÖS program keretében végrehajtott űrtechnológiai kísérletek, A Magyar űrkutatás 10 éve, MTA Interkozmosz Tanács tudományos ülészakának előadásai, Budapest, 1981. június 2-3.
2. M. Hársy, T. Görög, E. Lendvay, I. Gyuró, Technological Experiments in Space. MFKI '80 Yearbook p.26.
3. I. Gyuró, T. Görög, M. Hársy, E. Lendvay, J. Gyulai,
megjelenés alatt
4. E. Lendvay, M. Hársy, T. Görög, I. Gyuró, I. Pozsgai,
J. Gyulai, The Growth of GaSb under Microgravity Conditions, megjelenés alatt.

UJ NÉGYKOMPONENSŰ $A^{III}B^V$ FÉLVEZETŐ ANYAGOK ELŐÁLLÍTÁSA

Lendvay Ödön

A félvezető vegyületek gyakorlati felhasználásában egyre nagyobb szerepe van a három és négykomponensű /terner és kvaterner/ anyagoknak. Míg a kétkomponensű anyagok esetén a fizikai paraméterek az elemi félvezetőkhez hasonlóan rögzítettek, addig háromkomponensűeknél az összetétel megváltoztatásával a sávszerkezet /direkt ill. indirekt jelleg, a tiltott sáv nagysága/, a rácsállandó és néhány más paraméter változtatható. Négykomponensű anyagoknál újabb szabadsági fok áll rendelkezésünkre. Ennek eredményeként egy adott tiltott sáv vagy rácsállandó értékhez számos összetétel tartozhat. Ez jelentősen megkönnyíti, hogy egy adott funkció ellátásához megválasszunk a megfelelő anyagot, és lehetővé teszi, hogy széles összetétel tartományban rácsillesztett heteroátmeneteket hozzunk létre.

A négykomponensű $A^{III}B^V$ vegyületek három alaptípusa állítható össze; az $A_x^{III}B_y^{III}C_{1-x-y}^{III}D^V$; az $A_x^{III}B_{1-x}^{III}C_y^{III}D^V$ és az $A_x^{III}B_y^{III}C_{1-x-y}^{III}D^V$ összetétellel jellemezhető kvaternerek^{1,2}. Ezek közül egyedül a középső csoporthoz tartozó GaInPAs ismert részletesebben optoelektronikai /lézer/ felhasználása miatt. Rendkívül kevés az adat a három kationt vagy aniont tartalmazó pszeudo vegyületekről. Ezek a fenti okok miatt igen perspektivikus anyagok, elsősorban optoelektronikai eszközök - fényforrás és detektor - fejlesztésében. A két alaptípus tanulmányozására az AlGaInSb-t és a GaPAsSb-t választottuk. Homogén, egykristályos formában eddig még egyiket sem állították elő.

A GaPAsSb-ről a GaAsSb epitaxiás felnövesztésénél tettek említést³; kevés GaP-t adva az olvadáshoz a fenti kvaterner keletkezik, melynek rácsa jól illeszthető GaAs hordozóhoz. A P erős szegregációja miatt igen nagy összetétel gradienssel nő

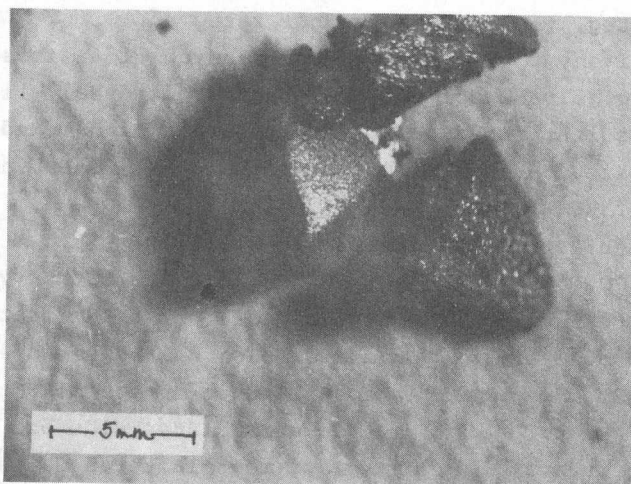
a puffer réteg, végül GaAsSb ternér réteg nő.

A fenti anyag vizsgálatára tömbi anyag előállítását kíséreltük meg, olvadákból történő kristályosítással, ill. irányított /gradient freezing/ kristályosítással. A kiindulási anyagok a pszeudo-ternér rendszer komponensei; GaP, GaAs és GaSb voltak.

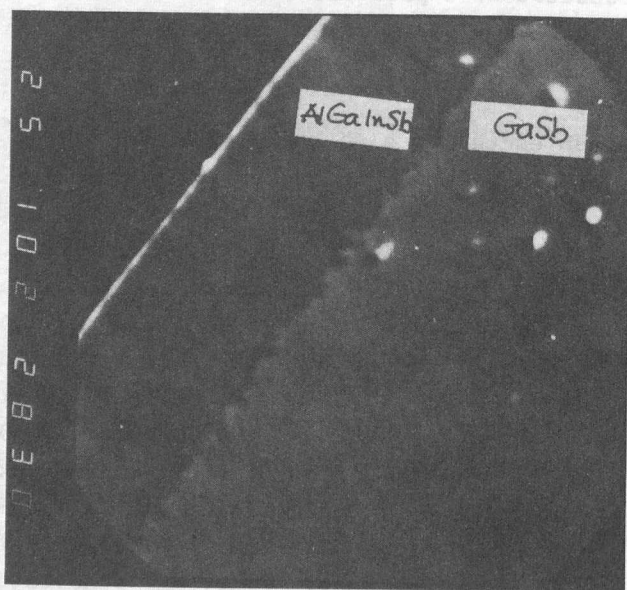
A kiindulási mólszázalékok GaP-nál 6,75 - 25,0 M %, GaAs-nál 25,0 - 70,0 M %; GaSb-nál 50,0 - 62,7 M % között változtak. A szintézis 1050°C-on történt, a rendszert a fenti hőmérsékleten 24 - 30 óráig tartva a GaAs és GaP nagy része beoldódott a GaSb olvadékba. A megszilárdult öntecs mikroanalízise és pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálata különböző fázisok szétválását mutatta, melyek között megtaláltuk a $\text{GaP}_x\text{As}_y\text{Sb}_{1-x-y}$ összetételt is. További vizsgálatok azt mutatták, hogy a fenti pszeudo-ternér termikusan transzportálható. Termikus transzport segítségével első ízben sikerült pszeudo-ternér térfogati kristályokat növesztenünk. Ezek az 1. ábrán láthatóak. A kristályok összetétele a pásztázó elektronmikroszkópban végzett analízis szerint $\text{GaP}_{0,366}\text{As}_{0,619}\text{Sb}_{0,015}$ -nek felelt meg. A kristályok röntgenvizsgálata igen jó, köbös /szfalerit/ struktúrát mutatott.

Az AlGaInSb esetén az első közlemény 1981-ben jelent meg, ebben inhomogén összetételű öntecseket állítottak elő több hetes irányított kristályosítással⁴. A GaPAsSb-nál leírt módon a komponensekből /GaSb, InSb, Al és Sb/ szintén sikerült előállítanunk olyan öntecseket, melyekben a fenti pszeudo-ternért kimutattuk. Ennél a fázisnál termikus transzportot nem tapasztaltunk, ezért az egykristályos fázist folyadék-epitaxiás felnövesztéssel próbáltuk meg előállítani vízszintes elrendezésű rendszerben. InSb és GaSb hordozóra mind In, mind Ga olvadákból sikerült epitaxiás réteget nyernünk⁵.

Egy jellegzetes heterostruktúra látható a 2. ábrán /a rétegvastagság $\sim 30\mu\text{m}$ /. A réteg összetétele mikroanalízis alapján $\text{Al}_{0,972}\text{Ga}_{0,014}\text{In}_{0,012}\text{Sb}$ volt. Az epitaxiás növesztés lehetőséget ad a fenti rendszer további vizsgálatára, és új optoelektronikai elemek kifejlesztésére.



1. ábra



2. ábra

1. E. Lendvay, Acta Phys. Hung., megjelenés alatt
2. E. Lendvay, Progr. Crystal Growth and Charact., megjelenés alatt
3. Y. Nishitani, K. Ahira, A. Yamaguchi és T. Kohani,
Reduction of the dislocation density in $\text{GaAs}_{1-x}\text{Sb}_x$
layer on GaAs grown by an improved LPE method,
J. Electrochem. Soc. 127, 949 /1980/
4. K. Zbitnew és J.C. Wooley, The quaternary alloy system
 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{Sb}$, J. Appl. Phys. 52, 6611 /1981/
5. E. Lendvay, Electronics Letters, megjelenés alatt.

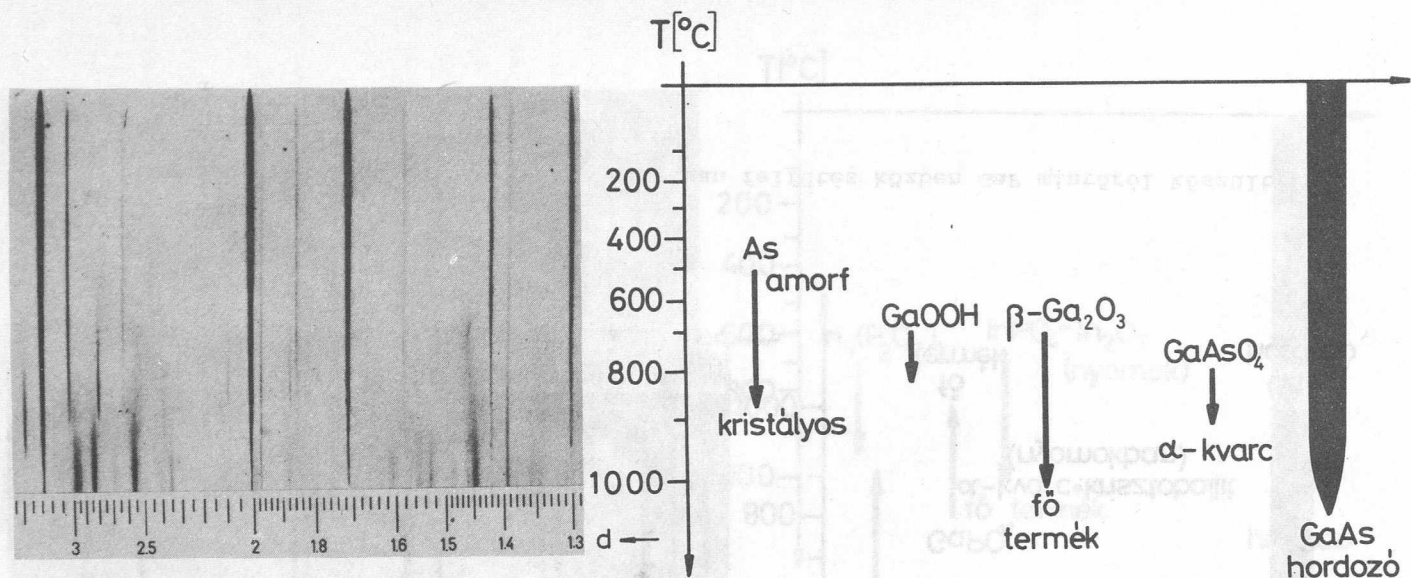
A^{III}-B^V TIPUSU FÉLVEZETŐ ANYAGOK TERMIKUS OXIDÁCIÓJÁNAK "IN SITU" VIZSGÁLATA

Farkašné Jahnke Mária, Somogyi Mária

Az A^{III}-B^V típusú anyagok speciális tulajdonságaik folytán ma már nélkülözhetetlen komponensei olyan fontos félvezető eszközöknek, mint pl. a laserek vagy mikrohullámu eszközök. Kémiai jellegük következtében megmunkálásuk közben sajátos nehézségek lépnek fel; ezek közül az egyik zavaró jelenség a spontán felületi oxidáció. Ez később az eszköz tulajdonságait károsan befolyásoló térfogati szennyezettség formájában mutatkozhat. Kémiai marással tisztított és szobahőfokon spontánul oxidálódó felületen az oxidréteg vastagságának növekedése optikailag jól követhető, fél év alatt ez 0.1-0.2 nm-ről 5-10 nm-re nőhet.

Előzetes munkáinkban kimutattuk, hogy az A^{III}B^V félvezető felületet borító átlátszó réteg alkotói A, B és O atomok; a réteg polikristályossá alakul már enyhe vákuum hőkezelés hatására is^{1,2}. Mivel kimutattuk, hogy még fél éves réteg esetében is az A:B:O arány távol áll a teljes oxid ABO₄ összetételétől, ezért feltételezhető hogy többféle oxidációs termék együttesen alkotja a polikristályos réteget. Hasonló oxidációs folyamatok a technológiai kezelések során is végbemehetnek.

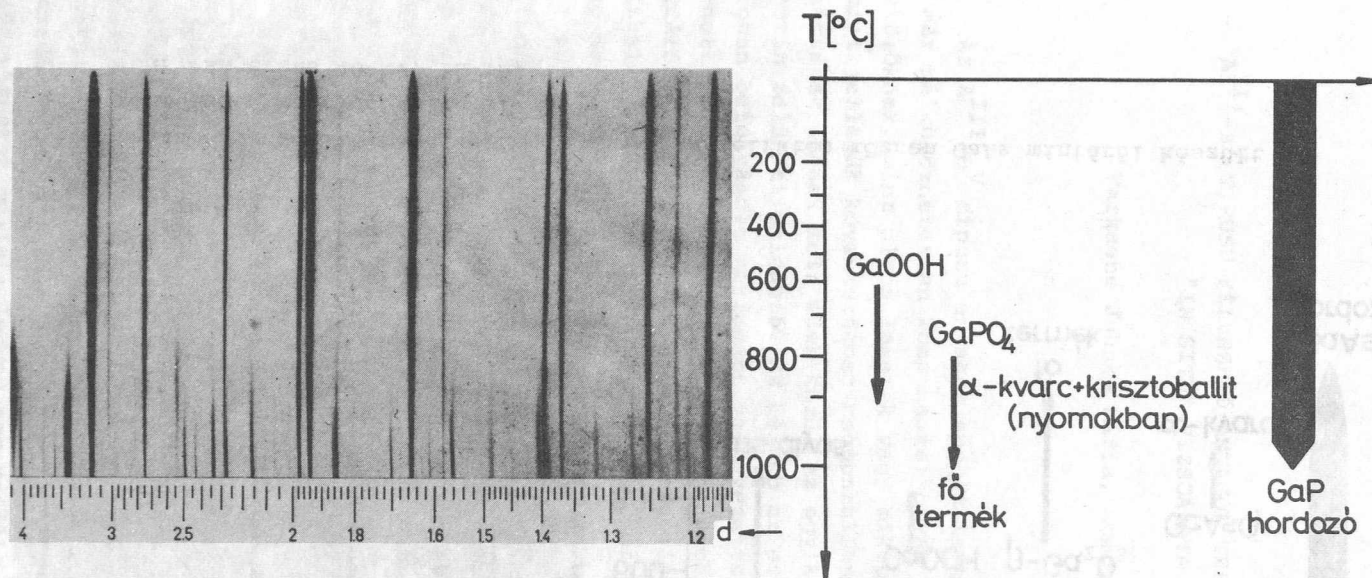
Célunk a lehetséges oxidációs termékek azonosítása volt, ezért GaAs, GaP és InP lassu oxidációját modelleztük úgy, hogy az elporított anyagot igen lassan levegőn hevítettük, azaz termikusan oxidáltuk. Az oxidáció során fellépő szerkezeti változásokat felfűtés közben végzett röntgendiffrakciós vizsgálattal követtük. A folyamatot úgy vezettük, hogy az anyag ne oxidálódjon teljes tömegében, hanem minden hőfokon az oxidációs termékek mellett legyen nem oxidált alapanyag is,



1.a ábra

Magashőmérsékletű Guinier-Lenné kamrában felfűtés közben GaAs mintáról készült röntgendiffrakciós felvétel.

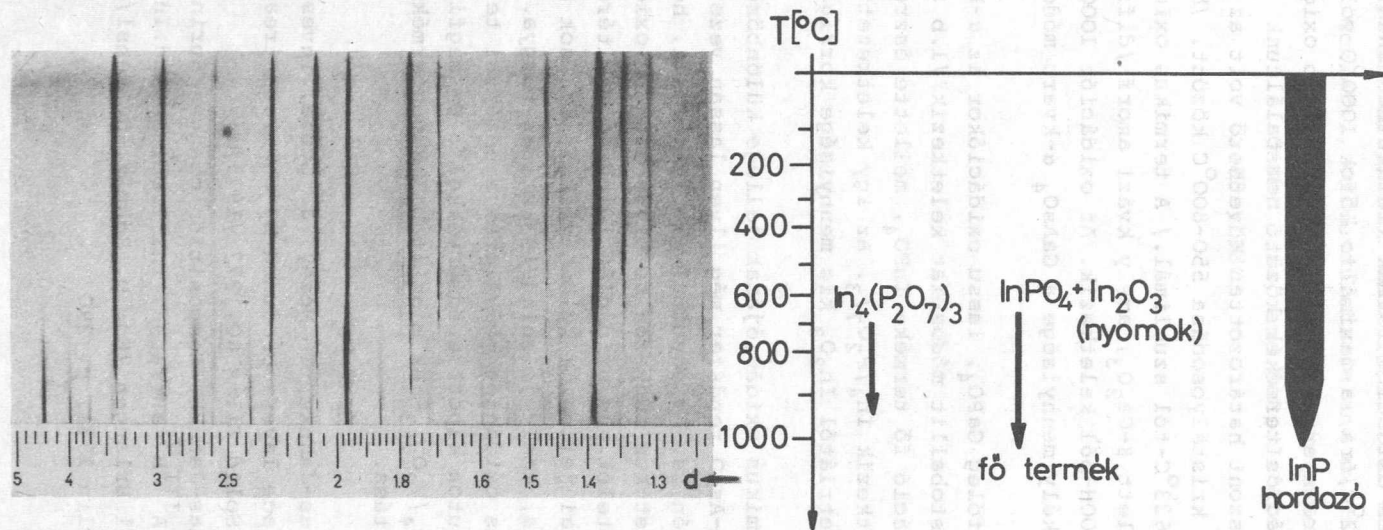
/CuK _{α} sugárzás 40 kV, 10 mA/



1.b ábra

Magashőmérsékletű Guinier-Lenné kamrában felfűtés közben GaP mintáról készült röntgendiffrakciós felvétel.

/CuK $_{\alpha}$ sugárzás 40 kV, 10 mA/



1.c ábra

Magashőmérsékletű Guinier-Lenné kamrában felfűtés közben InP mintáról készült
röntgendiffrakciós felvétel
/CuK_α sugárzás 40 kV, 10 mA/

hogy a lehetséges köztes oxidációs formák kialakulhassanak. A felfűtési sebesség $32^{\circ}\text{C}/\text{óra}$, a maximális hőfok 1000°C volt.

GaAs. Az 1. a/ ábra szerint ez a legkomplikáltabb oxidációs folyamat. Az oxidációs termékek között nem találtunk szabad arzénoxidot, viszont határozottan követhető volt az elemi As kiválása majd kristályosodása $550\text{--}800^{\circ}\text{C}$ között. /Mint ismeretes az elemi As 633°C -től szublimál./ A termikus oxidáció főterméke 700°C felett $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$, amely kvázi amorf./diffúz vonalrendszerrel adó/ GaOOH-ből keletkezik. Az oxidációt 1000°C -ig folytatva az As csekély mennyisége a GaAsO_4 α -kvarc módosulataként marad vissza.

GaP. A végtermék főleg GaPO_4 , lassu oxidációkor az α -kvarc, gyors hevítéskor a kristoballit módosulat keletkezik /l.b ábra/.

InP. Noha az oxidáció fő terméke InPO_4 , mellette észrevehető mennyiségben keletkezik $\text{In}_4/\text{P}_2\text{O}_7/3$. Az így keletkezett eltolódást a sztöchiometriától In_2O_3 kis mennyisége korrigálja /l.c ábra/.

A három anyag termikus oxidációjának jellege különböző. A legbonyolultabb a Ga-As-O rendszer még ilyen lassan vezetett termikus oxidáció esetén is. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy az adott esetben a kinetikus tényezők befolyásolják az oxidációs végtermék összetételét. Az oxidációs folyamatok eltérésének oka a termodinamikai jellemzők különbözősége; itt sok a még tisztázatlan kérdés, amely jelenleg is kutatás tárgya. Az itt bemutatott termikus oxidációs modellezés eredményei teljesen megegyeznek a más úton kapott eredményekkel³. Új megfigyelésnek számít az $\text{In}_4/\text{P}_2\text{O}_7/3$ -nek mint stabilis végtermék-komponensnek a kimutatása.

1. M. Somogyi, M. Farkas-Jahnke, G. Mezey, J. Gyula, Investigations of surface layers produced by chemical treatment of GaP, Thin Solid Films **60**, 377 /1979/
2. M. Somogyi, M. Farkas-Jahnke, Composition changes during oxidation of $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ surfaces, in: Proc. Second.Int. Conf. INFOS'81 Erlangen /Ed: M. Schulz, G. Pensl/ Springer, Berlin 1981. p. 290

3. G.P. Schwartz, G.J. Gulatieri, J.E. Griffiths, C.D. Thurmond,
 B. Schwartz, Oxide-substrate and oxide-oxide chemical
 reactions in thermally annealed anodic films on
 GaSb, GaAs, and GaP, J. Electrochem. Soc. 127,
 2488 /1980/

RELATIV INTENZITAS

GaSb

NÉGYKOMPONENSŰ ELEGYKRISTÁLY RÖNTGENDIFFRAKCIÓS VIZSGÁLATA

Petrás László

Intézetünkben az elsők között állítottak elő $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{Sb}$ egykristályt,¹ illetve epitaxiás réteget GaSb egykristály /111/ felületén. A vizsgált mintán a hordozóra növesztett két réteg összetétele csak kismértékben tért el egymástól, a felső réteg móltörtjei pásztázó elektronmikroszkópban történt mérés szerint: $X_{\text{Al}} = 0,972$, $X_{\text{Ga}} = 0,014$, $X_{\text{In}} = 0,012$. Az egyes rétegek /111/ irányu rácsállandóját diffraktométerrel határoztuk meg a minta vékonyréteggel fedett részén. Mérésünkhöz CuK sugárzást használtunk. A diffrakciós görbén /1.ábra/ a 222 reflexióban jól elkülöníthetők a hordozóról illetve az egyes epitaxiás rétegekről származó csucskok.

A reflexiók félértékszélessége kisebb, mint $0,10^\circ$, 2θ -ban mérve. Az egyes rétegekről származó reflexiók azonosításához a minta hátoldaláról /a GaSb hordozóról/ /2.ábra/ és vastagabb $\sim 30\mu\text{m}$ / réteggel fedett részéről is készítettünk felvételt /3.ábra/, ahol már csak a felső epitaxiális réteg reflektált.

A hordozó és az egyes rétegek rácsállandói:

$$a_{\text{GaSb}} = 0,60970 \text{ nm}$$

$$a_{\text{I}} = 0,61409 \text{ nm}$$

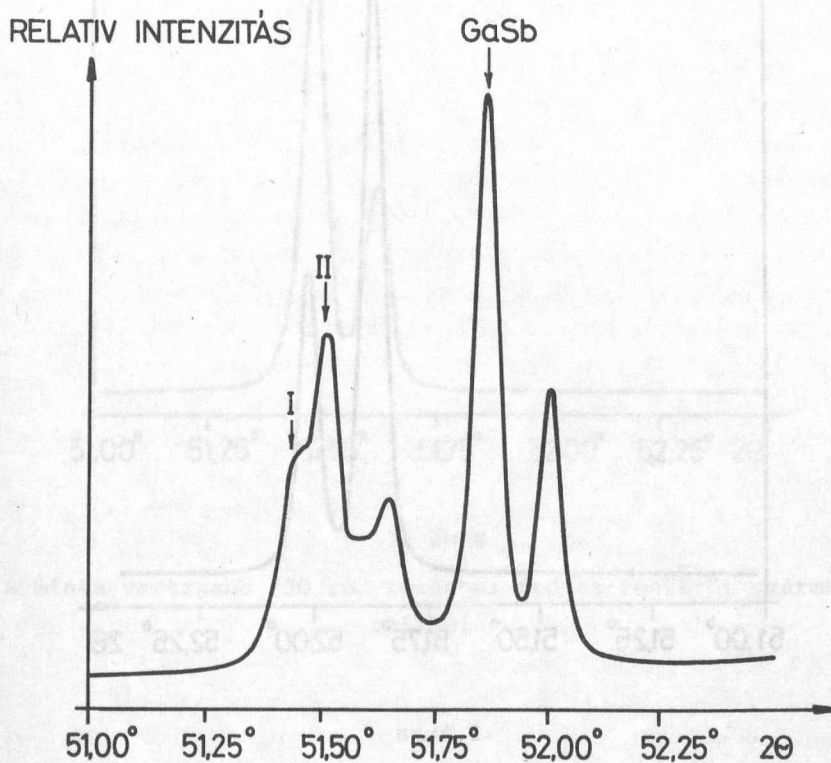
$$a_{\text{II}} = 0,61355 \text{ nm}$$

Az egyes átmenetek illeszkedésének jósága:

$$\left(\frac{\Delta a}{a}\right)_{\text{GaSb-I}} = 0,72 \%$$

$$\left(\frac{\Delta a}{a}\right)_{\text{I-II}} = 0,09 \%$$

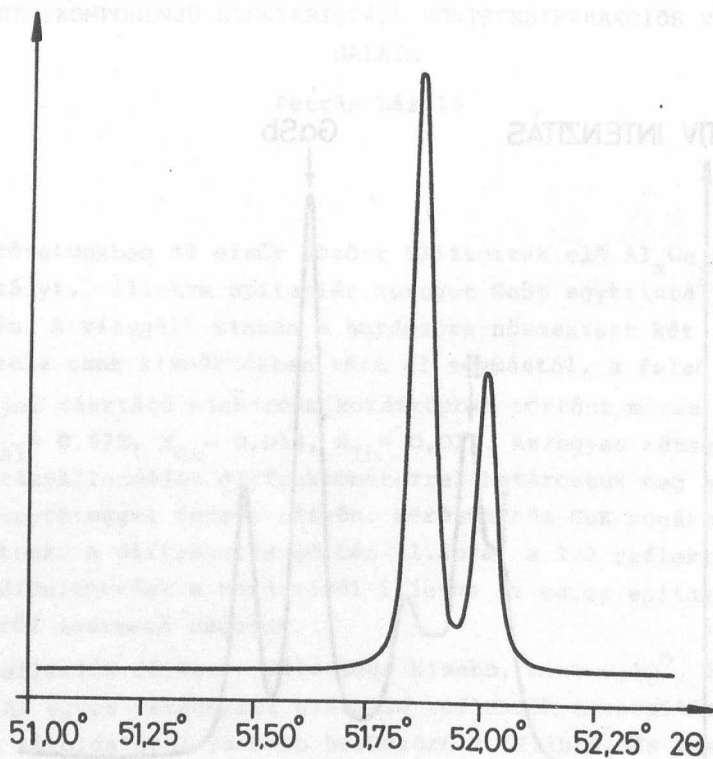
A mért rácsállandók a rétegek magas alumíniumtartalma miatt közel esnek a tiszta AlSb rácsállandójához², a kis eltérés miatt a Vegard-törvény még jól alkalmazható.



1. ábra

A GaSb hordozóról és a két epitaxiás rétegről származó 222 reflexió. A kettős csucskok a $\text{Cu}_1\text{K}\alpha_1$ és $\text{K}\alpha_2$ sugárzásának felelnek meg.

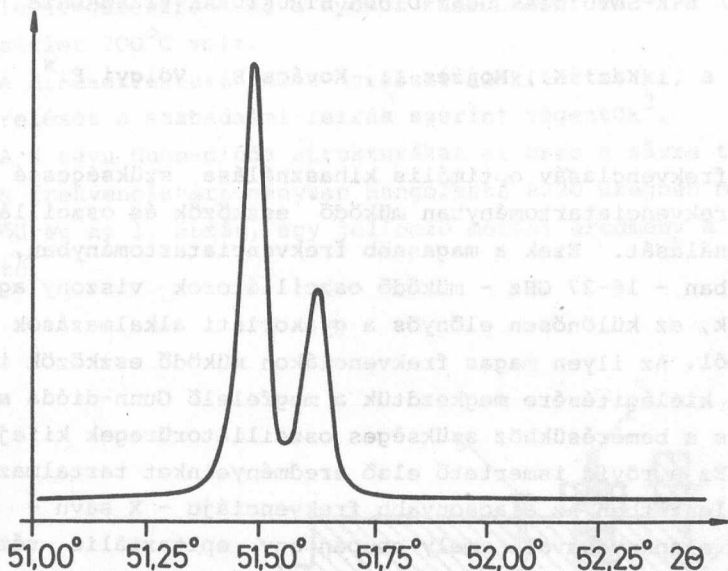
RELATIV INTENZITÁS



2. ábra

A hordozó hátoldaláról készült felvétel

RELATIV INTENZITÁS



3. ábra

A minta vastagabb /30 μm / réteggel fedett részéről származó reflexió

1. E.Lendvay, Electronics Letters, megjelenés alatt
2. K.Zbitnew, J.C.Wolley, The quaternary alloy system
 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{Sb}$, J.Appl.Phys. 52, 6611 /1981/

K-SÁVU GaAs GUNN-DIÓDA STRUKTURÁK VIZSGÁLATA

Kazi K., Mojzes I., Kovács B., Völgyi F.^x

A frekvenciasáv optimális kihasználása szükségessé teszi magas frekvenciatartományban működő eszközök és oszcillátorok felhasználását. Ezek a magasabb frekvenciatartományban, pl. a K-sávban - 18-27 GHz - működő oszcillátorok viszonylag kis méretűek, ez különösen előnyös a gyakorlati alkalmazások szempontjából. Az ilyen magas frekvenciákon működő eszközök iránti igények kielégítésére megkezdtuk a megfelelő Gunn-dióda struktúrák és a bemérésükhöz szükséges oszcillátorüregek kifejlesztését. Ez a rövid ismertető első eredményeinket tartalmazza.

Ellentétben az alacsonyabb frekvenciájú - X sávú - Gunn-diódák alapanyagával, amely csupán egy epitaxiális réteget tartalmaz, az adott frekvenciasávban működő struktúrák alapanyaga háromrétegű, gőzfázisu epitaxiális rétegnövesztéssel előállított GaAs szendvics-szerkezet volt. A hordozó $\langle 100 \rangle$ orientációjú tellurral adalékoltt $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ adalékkoncentrációjú n-GaAs. A hordozótól $10 \text{ } \mu\text{m}$ vastag, $5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ koncentrációjú puffer réteg választja el a $6 \text{ } \mu\text{m}$ vastag $5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ koncentrációjú, kénnel adalékoltt aktiv réteget, amelyet még egy $4.5 \text{ } \mu\text{m}$ vastag, $8 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ koncentrációjú kontaktusréteg fed.

A rétegek koncentrációját és vastagságát elektrokémiai profilméréssel határoztuk meg. A hordozó vastagságát a technológia első lépéseként lecsökkentettük az elektromos és termikus ellenállás redukálása céljából.

A fémrétegek felpárologatása előtt a szeleteket $\text{NH}_4\text{OH}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O} = 1:4:20$ arányú keverékében 25°C -on, 40 másodpercig frissítő marásnak vetettük alá. Marás után elektronikai

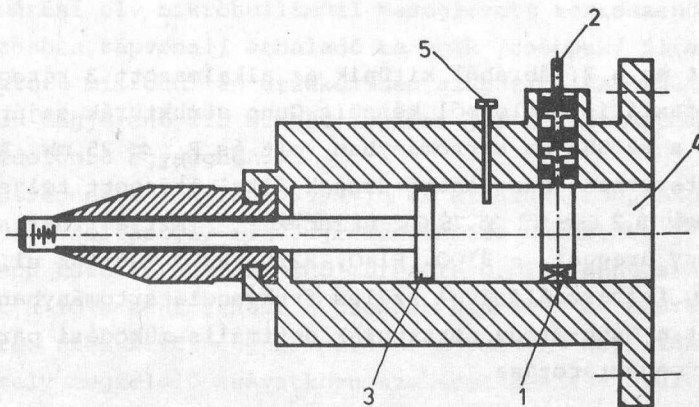
^x BME Mikrohullámu Híradástechnika Tanszék

tisztaságu, forró metanolban való mosás következett¹.

A kontaktusrétegre AuGeNiAu, a hordozó hátoldalára AuGeAu fémréteget párologtattunk fel². A párologtatás azonos vákuumban történt - a szeletek megfordításához nem volt szükség a rendszer lelevegőzésére - és a nyomás kisebb mint 10^{-4} Pa a hordozó-hőmérséklet 200°C volt.

A diódastruktúrát meza-marással alakítottuk ki, a diódák kiszerelését a szabadalmi leírás szerint végeztük³.

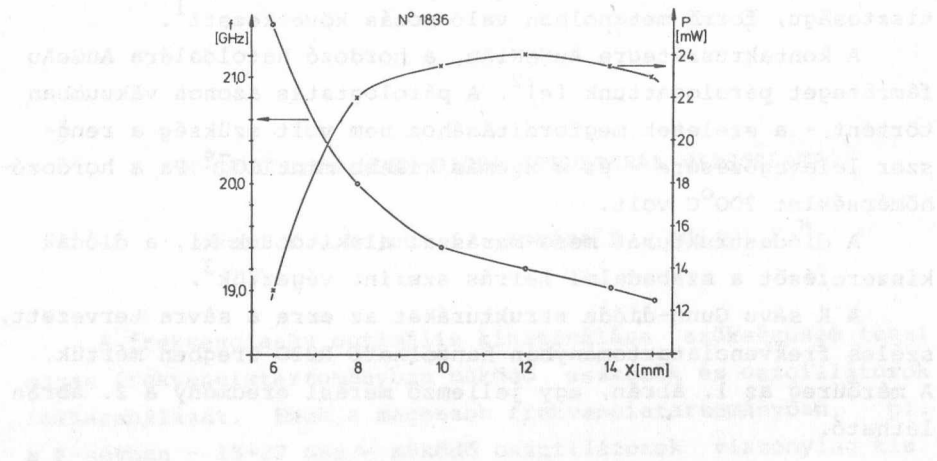
A K sávu Gunn-dióda strukturákat az erre a sávra tervezett, széles frekvenciatartományban hangolható R220 üregben mértük. A mérőüreg az 1. ábrán, egy jellemző mérési eredmény a 2. ábrán látható.



1. ábra

A mérőüreg konstrukciója

1. Gunn-dióda
2. Egyenfeszültség és szűrő
3. Rövidzár
4. Üregrezonátor
5. Hangolósavar



2. ábra

K-sávu Gunn-dióda hangolási karakterisztikája

Mint az a 2. ábrából kitűnik az alkalmazott 3 réteges GaAs epitaxiális szeletről készült Gunn struktúrák sajátfrekvenciája a 22 GHz-es tartományban volt és $P_{ki} \approx 25$ mW. A mérésre tervezett hangolható üregek által átfogott teljes frekvenciasáv 8.2 GHz-től 35.75 GHz-ig terjed. Ezt a frekvenciasávot négy üreggel, - R100, R140, R220, R320 - érték el. A négy üreg felhasználásával széles frekvenciatartományban lehetővé vált a Gunn-dióda struktúrák optimális működési paramétereinek meghatározása.

1. É. Radácsi, I. Mojzes, J. Pfeifer, Comments on the properties of an $\text{NH}_4\text{OH}-\text{H}_2\text{O}_2$ etch on epitaxial GaAs, Kristall und Technik, 15, 747 /1980/
2. I. Mojzes, Á. Barna, P.B. Barna, Technological optimization of GaAs Gunn-diodes, Proc. of the 6th Coll. on Microwave Communication Budapest, 1978. Vol. II. V-2/10.1. /1978/
3. Barna Á., Beleznyay F., Mojzes I., Barna P., Stark Gy., Eljárás és berendezés félvezető eszközök előállítására, Magyar Szabadalom No. 173.621.

CSEPPSZÁMLÁLÓ ÉS CSEPEGÉSI JELLEMZŐ MÉRŐ ORVOSI CÉLOKRA

Lendvay Ö., Kazi K., Mojzes I., Reisinger Gy.

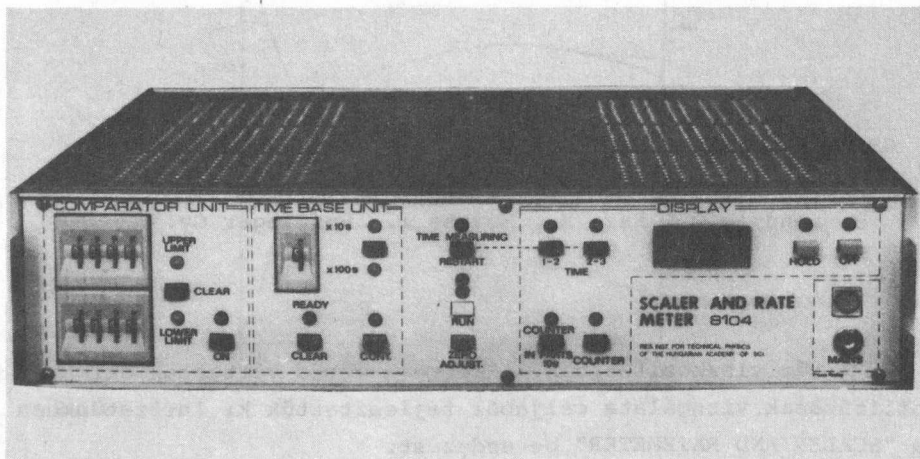
A vér viszkozitásának, illetve a vörös vértestek deformabilitásának vizsgálata céljából fejlesztettük ki Intézetünkben a "SCALER AND RATEMETER" berendezést.

A berendezés két fő részből, a mintatartó érzékelőből /8105/ és a jelfeldolgozó elektronikából /8104/ áll.

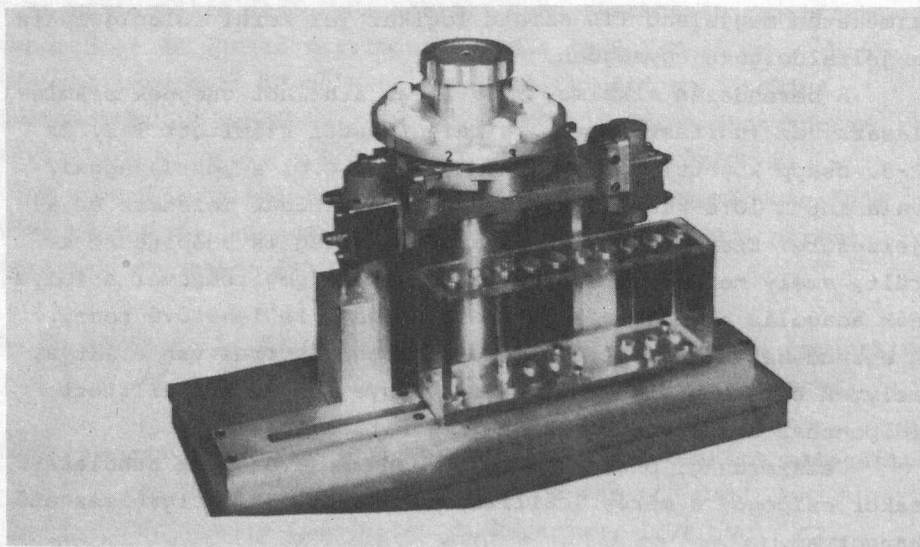
A mérési elv mikrohullámmal besugárzott térrészen /jelen berendezésben tápvonal/ áthaladó tárgyak /cseppek/ által megváltoztatott mikrohullám érzékelésén alapszik. Az érzékelő kimenetén megjelenő TTL szintű logikai jel kerül feldolgozásra a jelfeldolgozó egységben.

A berendezés alkalmas 9999-ig az áthaladt cseppek számlálására, az indítástól, ill. újraindítástól számított 1-2. és 2-3. csepp közötti eltelt idő mérésére 0.01 s pontossággal, valamint a 10 s-ként áthaladó cseppek számának mérésére és kijelzésére. Ezen kívül egy komparátor egység is beépítésre került, amely megfelelő beavatkozó szelepek segítségével a folyadék adagolás nagypontosságu szabályozását is lehetővé teszi. A berendezés kvarcvezérlésű időalap-generátorral van ellátva, melynek segítségével a mérési idő figyelése és a beállított időpontban a mérés automatikus leállítása is megoldott.

Célszerűségi okok miatt a berendezés a cseppek áthaladásakor csipogó, a mérés leállításakor hosszú mély figyelmeztető hangot ad.



1. ábra



2. ábra

A jelfeldolgozó elektronikát tartalmazó készülék fényképe az 1. ábrán látható. Az elektronikában jól elkülöníthető részegységet alkot a "KOMPARÁTOR" egység, amely adott esetben kihagyható a berendezésből, illetve külön berendezésként minden különösebb nehézség nélkül megépíthető. A 2. ábrán a mintatartó érzékelő látható, amely 10 db minta gyors egymás utáni vizsgálatára alkalmas. Közvetlenül a mikrohullámu modulok alatt helyezkedik el a tápfeszültséget előállító, ill. jelátalakító elektronika. A két fő egység bontható csatlakozóval csatlakozik egymáshoz.

A berendezésből egy az Országos Kardiológiai Intézetben üzemel jelenleg, egy másik pedig Londonban került bemutatásra.

AZ ÓLOMSZULFID DETEKTORFEJLESZTÉS UJABB EREDMÉNYEI

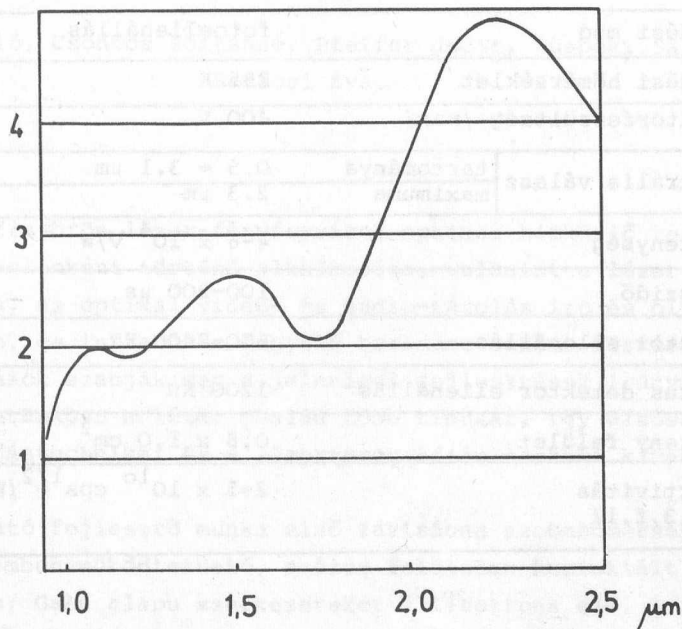
Rakovics V., Hoffmann Gy., Görög T.

Korábbi munkáinkban beszámoltunk az PbS detektorok kémiai leválasztással történő előállításáról. Vizsgáltuk a leválasztási paraméterek /koncentrációviszonyok, adalékkoncentráció, leválasztási idő/ és a detektorjellemzők közötti összefüggést^{1,2}.

A spektrális válasz módosításának új lehetőségét vizsgáltuk optikai módszerekkel. Sik üveglemezre választottunk le különböző vastagságu ólomszulfid rétegeket, amelyeknek mértük a transzmisszióját a közeli infravörös tartományban. A réteg antireflexiójának megfelelő hullámhosszon az átbocsátott fény intenzitása és a réteg fotoérzékenysége megnő. A leválasztási idő pontos beállításával a kívánt hullámhossztartományban kaptunk fokozott érzékenységu PbS rétegeket /1.ábra/

A polikristályos PbS rétegek fotoérzékenysége idővel csökken a levegővel való kölcsönhatás következtében. Ezt a hatást jelentős mértékben sikerült lecsökkenteni As_2S_3 védőréteg alkalmazásával. Kb. $0.4 \mu m$ As_2S_3 réteget párologtattunk a detektorok felületére, amelynek következtében a hosszuidejű stabilitás megnőtt és javultak a detektor fotokonduktív sajátságai. Az érzékenység nőtt és a detektorzaj nagymértékben lecsökkent. Az As_2S_3 -dal védett detektor legfontosabb jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

Relatív érzékenység



1. ábra

PbS spektrális válasza interferenciacsucokkal

1. táblázat

Tipus	Pbs	
Működési mód	fotoellenállás	
Működési hőmérséklet	295 K	
Detektorfeszültség /max/	400 V	
Spektrális válasz	tartománya	0.5 - 3.1 μm
	maximuma	2.3 μm
Érzékenység	4-6 x 10 ⁴ V/W	
Válaszidő	100-200 μs	
Detektor ellenállás	600-2400 K Ω	
Tipikus detektor ellenállás	1200 K Ω	
Érzékeny felület	0,8 x 1,0 cm ²	
Detektivitás O ^x /2,3,f,1/	2-5 x 10 ¹⁰ cps ^{1/2} /Watt	

1. V.Rakovics, T. Görög, Gy.Hoffmann, J.Balázs,
Development of PbS and PbS₁₋₁Se_x Type IR Detectors
MFKI '80 Yearbook, p.47.
2. J.Balázs, V.Rakovics, Gy.Hoffmann, T.Görög
On the measurement of time constant of PbS photo-
detectors,
CIE Symposium on Light and Radiation Measurement '81
Hajduszoboszló 27-28, May 1981.

GaAs-/GaAl/As KETTŐS HETEROEPITAXIÁS LÉZER

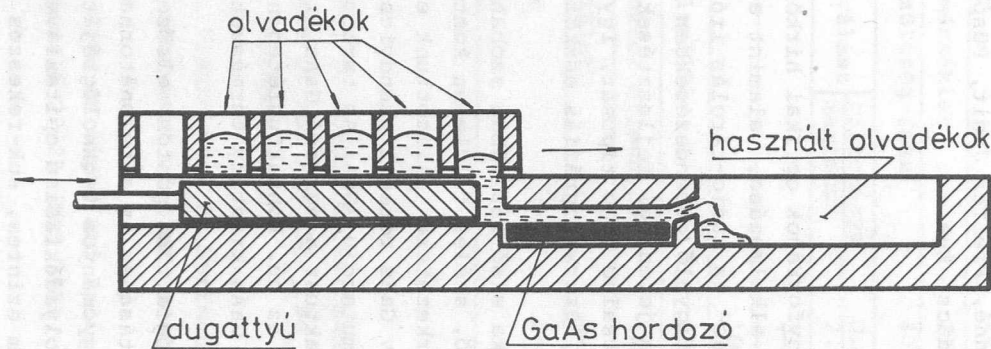
Andor László, Csontos Zoltánné, Pfeifer Judit, Püspöki Sándor,
Radácsi Éva

Az infravörös lézer-fényforrások optikai hírközlő rendszerekben adó-elemként történő alkalmazása, valamint a lézer-xerográfiás, az optikai video- és audio-tárolás író és olvasó egységekben, és infravörös figyelő berendezésekben történő felhasználások szabják meg a jelenlegi fejlesztések irányát.

Intézetünkben a lézer család több típusát, így elsősorban a híradástechnikai és a lézerxerográfiás eszközt kívánjuk fejleszteni.

A kutató fejlesztő munka első fázisában szobahőmérsékleten, impulzusüzemben működtethető, széles felületen kontaktált /broad area/ GaAs alapu szerkezeteket állítottunk elő. A fényerősítés szempontjából aktív GaAs réteget szendvics szerűen alul és felül nagyobb törésmutatójú /GaAl/As tartományok határolják. Az egyik fémes kontaktust a hordozó GaAs kristályon, a másikat az aktív oldalon, az ún. kontaktusrétegen alakítjuk ki. A rezonátor felületek a GaAs kristály természetes hasítási felületei.

Az előállítási technológia több ponton, elsősorban a szendvics-szerkezet előállításában és a rezonátorhasításban, eltér a félvezető eszközök hagyományos technológiájától. A szendvicsszerkezet előállítása folyadékfázisú epitaxiával történt. Az 1. ábrán bemutatott három szintes, sok-rekeszes grafitcsónakban a kristálynövesztési folyamatok pontos szabályozásával növesztettük a rétegszerkezetet, /2. ábra/, amely n-típusú GaAs-ból mint hordozókristályból és a következő rétegekből áll: n-típusú, tellurral adalékolt $\text{Ga}_{0,7}\text{Al}_{0,3}\text{As}$ belső határoló réteg,



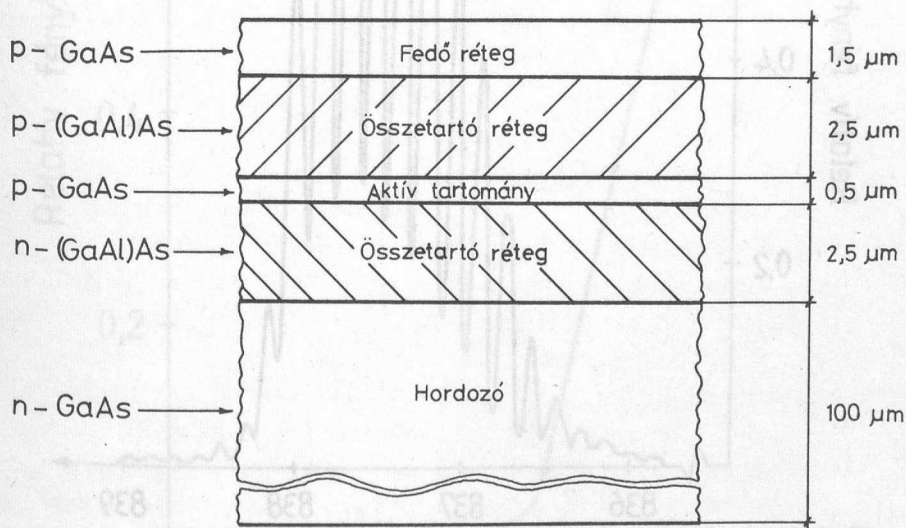
1. ábra

Grafitcsónak lézer-szerkezet növesztéséhez. A felső szinten a rekeszekben helyezkednek el a Ga-ot, GaAs-et és az adalékokat /aluminiumot, tellurt vagy germániumot/ tartalmazó olvadékok. A felső szint mozgatásával a soron következő olvadék az olvadék-kamra fölé szállítható. Az olvadék-kamrában grafit dugattyu pumpálja az olvadékot a hordozó fölé. A csónak legfőbb jellemzője, hogy a kristálynövesztés kezdetétől végéig a kristály felülete nem kerül érintkezésbe a gőzfázissal.

2,5 μm vastag, p-típusú, germániummal adalékolt GaAs aktív réteg, 0,5 μm vastag, p-típusú külső határoló $\text{Ga}_{0,7}\text{Al}_{0,3}\text{As}$ réteg 2,5 μm vastag, majd p-típusú GaAs kontaktusréteg, 1-2 μm vastag. A külső határoló és a kontaktusréteg egyaránt Ge-mal adalékolt.

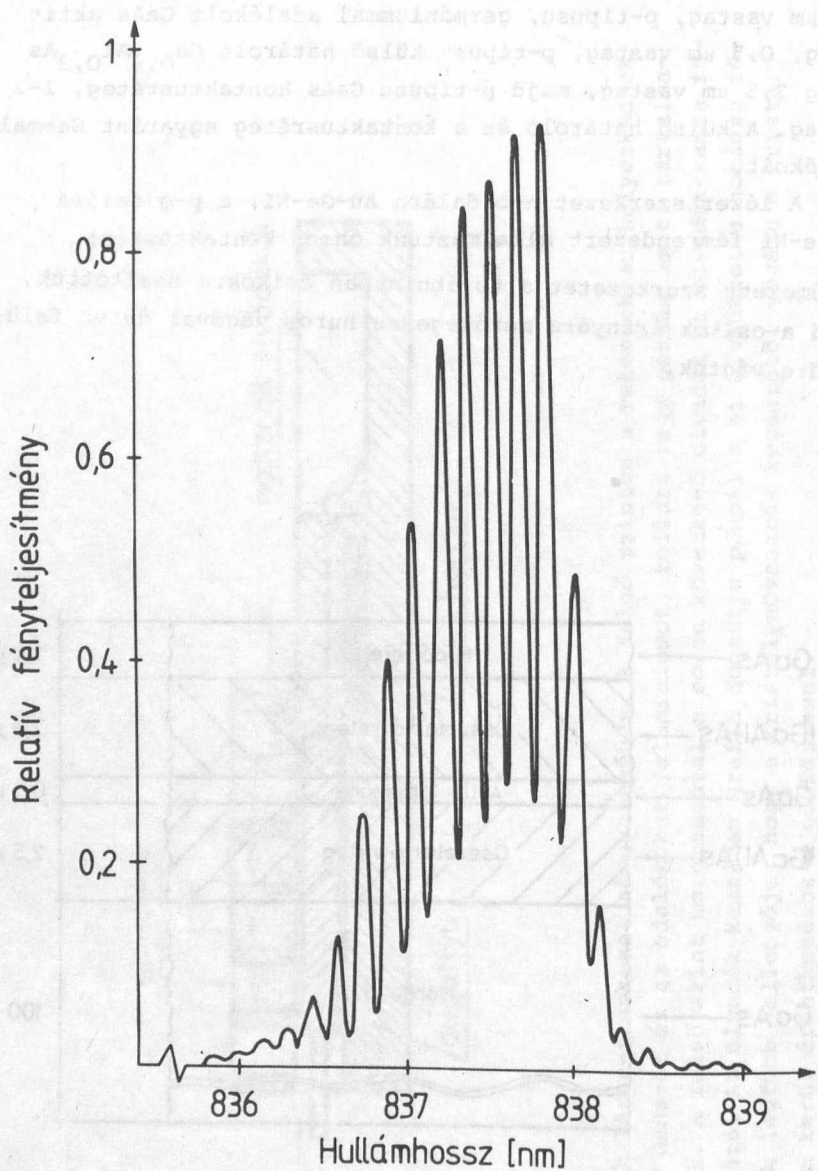
A lézer szerkezet n-oldalára Au-Ge-Ni, a p-oldalára Au-Be-Ni fémrendszert alkalmaztunk ohmos kontaktusként.

A fémezett szerkezetet a továbbiakban csikokra hasítottuk, majd a csikok irányára merőlegesen hurok vágóval durva felületűre vágtuk.



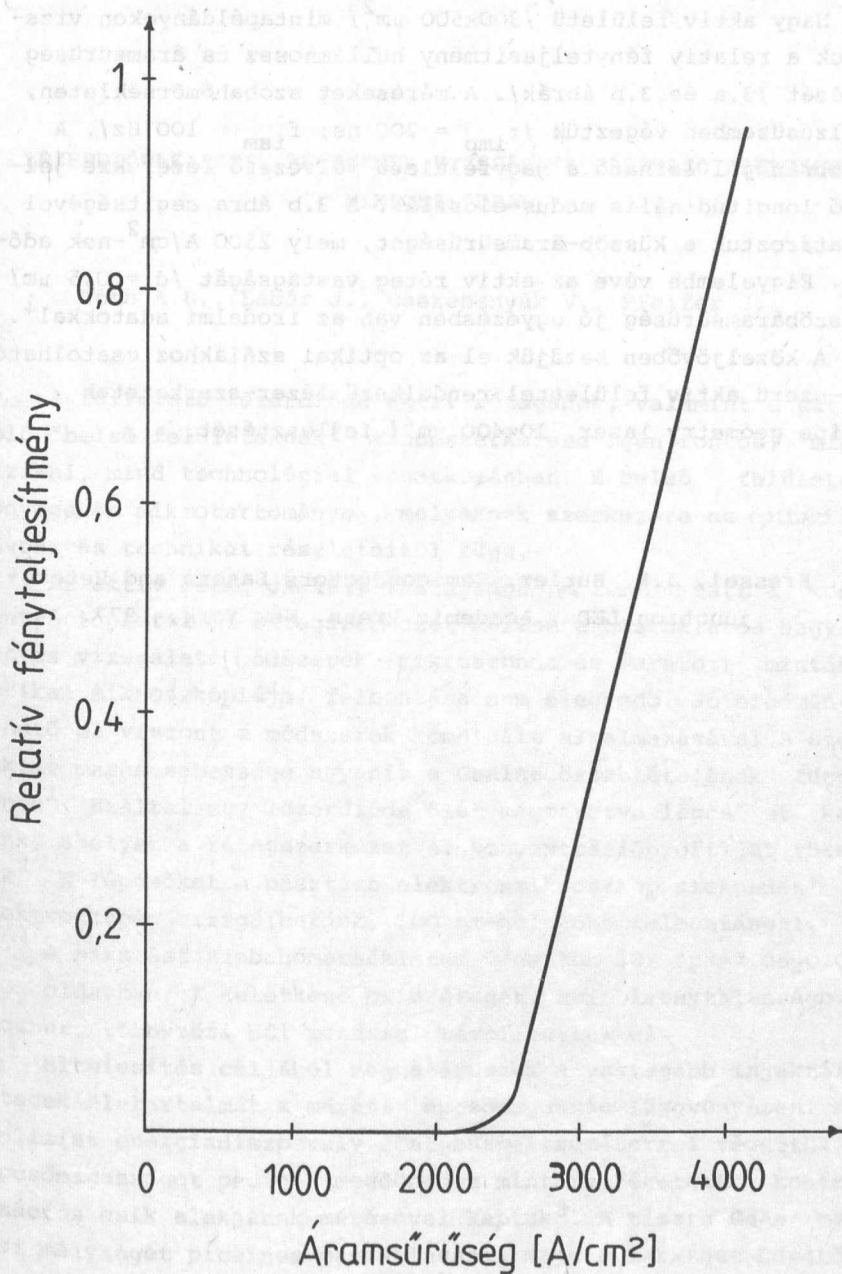
2. ábra

Az Intézetünkben készített nagyfelületű lézer sematikus metszete.



3.a ábra

A relatív fényteljesítmény hullámhossz függése



3.b ábra

A relatív fényteljesítmény áramsűrűség függése

Nagy aktiv felületű $/300 \times 500 \text{ } \mu\text{m}^2/$ mintapéldányokon vizsgáltuk a relatív fénytéljesítmény hullámhossz és áramsűrűség függését $/3.a \text{ és } 3.b \text{ ábrák}/$. A méréseket szobahőmérsékleten, impulzusüzemben végeztük $/\tau_{\text{imp}} = 200 \text{ ns}; f_{\text{ism}} = 100 \text{ Hz}/$. A 3.a ábrán jól látható a nagyfelületű félvezető lézerekre jellemző longitudinális módus-eloszlás. A 3.b ábra segítségével meghatároztuk a küszöb-áramsűrűséget, mely 2500 A/cm^2 -nek adódott. Figyelembe véve az aktiv réteg vastagságát $/d = 0,5 \text{ } \mu\text{m}/$ a küszöbáramsűrűség jó egyezésben van az irodalmi adatokkal¹.

A közeljövőben kezdjük el az optikai szálakhoz csatolható, csik-szerű aktiv felülettel rendelkező lézer-szerkezetek $/\text{stripe geometry laser, } 10 \times 400 \text{ } \mu\text{m}^2/$ fejlesztését.

1. H. Kressel, J.K. Butler, Semiconductors Lasers and Hetero-junction LEDs, Academic Press, New York, 1977.

LÉZERDIÓDÁK AKTIV RÉTEGÉNEK VIZSGÁLATA PÁSZTÁZÓ ELEKTRON- MIKROSZKÓPPAL

Tóth A.L., Lábár J., Cseresznyák V., Pfeifer J.

A félvezető lézerdióda aktiv rétegének, valamint a határoló "belső felületeknek" finomszerkezete igen fontos, mind fizikai, mind technológiai vonatkozásban. E belső felületek lényegében mikrotartományok, melyeknek szerkezete az epitaxiás növesztés technikai részleteitől függ.

Az aktiv réteg csekély vastagsága ($< 1 \mu\text{m}$) miatt a koncentrációprofil és rétegszerkezet mérésére használatos hagyományos vizsgálati módszerek /mikroszonda és maratott minták optikai mikroszkópiája/ felbontása nem elegendő. Jó eredmény érhető el viszont e módszerek kombinált alkalmazásával. A szelektív marás sebessége ugyanis a GaAlAs összetételének függvénye¹. Ezáltal egy lézerdióda élet megmaratva lépcsőket kapunk, amelyek a rétegszerkezet Al koncentrációprofilját tükrözik². E lépcsőket a pásztázó elektronmikroszkóp szekunder elektronképén vizsgálhatjuk, 100 nm-nél jobb felbontással.

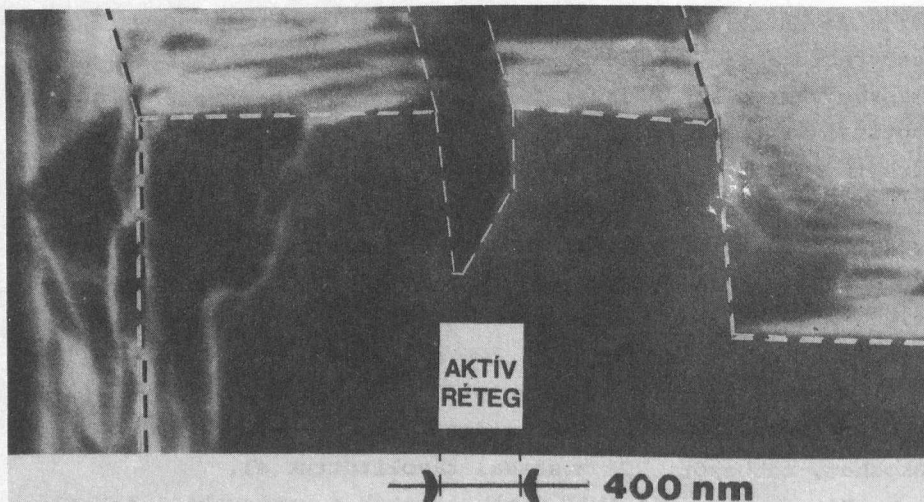
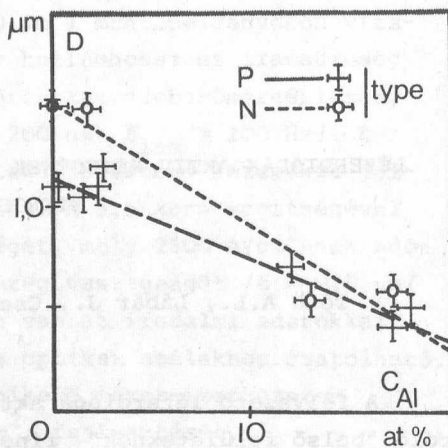
A maratást szobahőmérsékleten végeztük 30% $\text{pH}=7.05 \pm 0.01$ H_2O_2 oldatban. A keletkező oxidréteget, ami bizonytalanságot okozhat, többszöri HCl mosással távolítottuk el.

Hitelesítés céljából meghatároztuk a vastagabb injektáló rétegek Al-tartalmát a marási lépcsőmagasság függvényében. Az analízist energiadisziperzív röntgenspektrométerrel végeztük, a lépcsőmagasságot pedig a megdöntött mintára "égetett" kontaminációs csik alakjának mérésével kaptuk³. A tiszta GaAs marási mélységét piceines maszkolással, majd a maratást követően "Alphastep" méréssel határoztuk meg.



1. ábra

GaAlAs lézerdióda egyes ré-
szeinek marási mélysége az
Al tartalom függvényében



2. ábra Lézerdióda rétegszerkezete /merőleges töret/

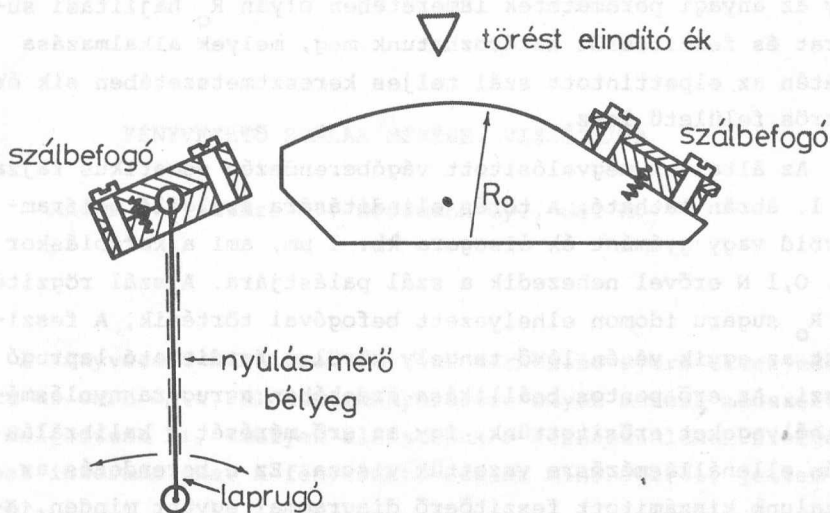
A vizsgált tartományban monoton függés mutatkozik az Al tartalom és a marási mélység között /1. ábra/, ami felhasználható mikrométer alatti vastagságú rétegszerkezetek kémiai összetételének mérésére. A 2. ábrán látható lézerdióda aktív rétegének vastagsága kevesebb mint a mikroszondás koncentrációprofil mérés szokásos felbontásának fele.

1. B. Schwartz, J.C. Dymant, S.E. Haszko, in: Proc. Int. Symp. on GaAs /ed.: C. Hilsun/, London /1973/ p. 187.
2. S.G. Konnikov, magánközlés
3. R.A. Hoover, Measuring surface variations with the scanning electron microscope using deposited contamination lines, J. of Phys. E.: Sci. Instrum. 4, 747 /1971/

OPTIKAI SZÁLAK VÉGEINEK OPTIMÁLIS KIALAKÍTÁSA

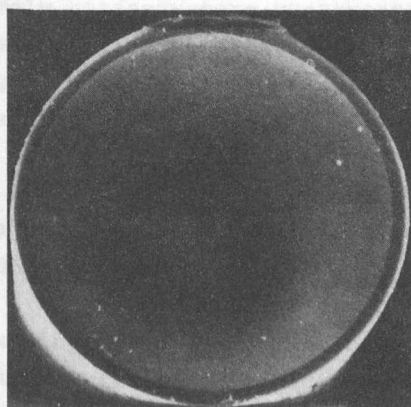
Serényi Miklós

Napjainkban egyre szélesebb körben terjed el az optikai szálak alkalmazása híradástechnikai, adatátviteli célokra. Ennek megfelelően intézetünk az OMFB és a Posta Kisérleti Intézet megbízásából megkezdte a szálak paramétereinek vizsgálatát. A fényvezető kábelek egy vagy több kb. 50-200 μm átmérőjű, megfelelően kialakított törésmutató profilu üvegszálból állnak. Ma már olyan üvegszálak is vannak forgalomban, amelyek vesztesége néhány dB/km, ezért a csatolási veszteségek problémája egyre inkább előtérbe kerül. Ha ezeket a szálakat egymáshoz, fényforráshoz vagy detektorhoz akarjuk kapcsolni úgy, hogy a veszteség a legkisebb legyen, akkor a szálak végeit kell megfelelően kialakítani. A felületnek teljes keresztmetszetében síknak, tükrösnek, a szál hossz tengelyére merőlegesnek kell lennie. Ezáltal biztosítható, hogy a szál végéről a szóródás elhanyagolható lesz, így a fény be-, ill. kicsatolási vesztesége minimális. Ha egy szál R_0 sugárral meghajlítva eltörünk úgy, hogy a törést karcolással indítjuk el, akkor a törési felületen kétfajta tartományt figyelhetünk meg. Ott ahol a törést elindítottuk mindig tükrös felület keletkezik, míg a törés indulópontjával ellentétes oldalon egy durva felületű tartományt találunk. Tükrösnek nevezzük azt a felületet, ahol a felület egyenetlenségei sokkal kisebbek, mint a látható fény hullámhossza, míg a durva felületen a felületi hibák mérete összemérhető, ill. nagyobb a hullámhossznál. A kétfajta tartomány határa a törés előtt kialakuló feszültségtér ismeretében energetikai megfontolásokból meghatározható. A szál R_0 sugárral hajlítva és egyidejűleg hossz tengelyének irányában huzva a kétfajta tartomány határa a szál kerületére, ill. azon kívülre kerülhet.



1. ábra

A vágóberendezés sematikus rajza

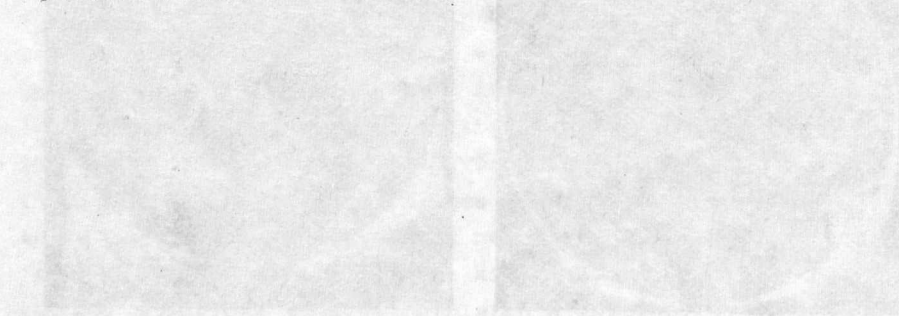


2. a-b ábra

Igy az anyagi paraméterek ismeretében olyan R_0 hajlítási sugarat és feszítőerőt határozhatunk meg, melyek alkalmazása esetén az elpattintott szál teljes keresztmetszetében sík és tükrös felületű lesz.

Az általunk megvalósított vágóberendezés sematikus rajza az 1. ábrán látható. A törés elindítására szolgáló wolfram-karbid vagy gyémánt ék élsugara kb. $1\text{ }\mu\text{m}$, ami a karcoláskor kb. $0,1\text{ N}$ erővel nehezedik a szál palástjára. A szál rögzítése az R_0 sugaru idomon elhelyezett befogóval történik. A feszítést az egyik végén lévő tengely körül elfordítható laprugó végzi. Az erő pontos beállítása érdekében a rugóra nyulásmérő bélyegeket erősítettünk, így az erő mérését a kalibrálás után ellenállásmérésre vezettük vissza. Ez a berendezés az általunk kiszámított feszítőerő diagrammal együtt minden, a gyakorlatban előforduló átmérőjű szál végeinek optimális kialakítását teszi lehetővé.

A 2.a-b ábrán két $130\text{ }\mu\text{m}$ átmérőjű üvegszál - az általunk készített berendezésen kapott - törésfelületének pásztázó elektronmikroszkópos képe látható. Az "a" ábrán látható felület $R_0 = 50\text{ mm}$ sugáron $F = 3\text{ N}$ feszítőerő mellett készült. A képek jól illusztrálják, hogy az 1. ábrán látható diagram alapján beállított feszítő erőnél $F=2\text{ N/}$ végzett vágás ad megfelelő felületet.



FÉNYVEZETŐ SZÁLAK MÉRÉSE, VIZSGÁLATA

Andor L., Balázs J., Hoffmann Gy., Gál M.

A fényvezető kábeleken történő hírközlés gyors elterjedése miatt az OMFB és a PKI kezdeményezésére olyan mérési módszereket dolgoztunk ki, amelyek elsősorban a felhasználónak szolgáltatnak információkat a fényvezető szálak minőségéről, jellemzőiről.

A fényvezető szálak egyik alapvető adata a csillapítás /veszteség/, amely a bemenő és kimenő intenzitás hosszegységre vonatkoztatott különbségét adja meg dB egységekben. A csillapítás értéke határozza meg elsősorban az egy lépésben áthidalható legnagyobb távolságot.

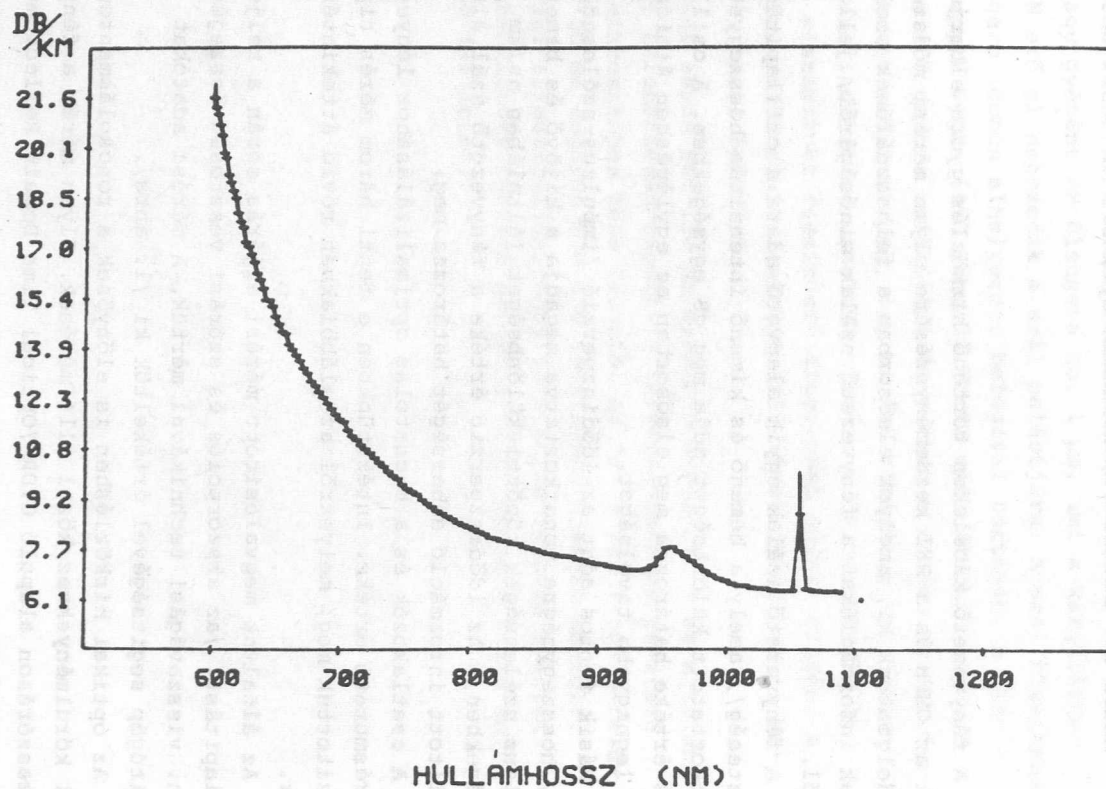
Másik fontos adat az idődiszperzió /impulzus-szélesedés/, amely hosszegységre vonatkoztatva megadja a kijövő és bemenő impulzus szélességek közötti különbséget /általában ns/km egységekben/. Az idődiszperzió értéke a fényvezető szál által szállított információ sebességét határozza meg.

A csatlakozók és a becsatolás optimalizálásához lényeges a törésmutató értéke. Intézetünkben e fenti három mérés tipust valósítottuk meg, melyekről az alábbiakban rövid áttekintést adunk.

Az általunk megvalósított mérési eljárás során a teljes csillapítást, /az abszorpciós és szórási veszteség összegét/ az ún. visszavágási technikával mértük. A mérési adatokat számítógép segítségével értékeltük ki /l. ábra/.

Az optikai hírközlésben is előnyösek a roncsolásmentes, üzemi körülményekhez közel álló mérések. Ilyen mérés a fény visszaszóráson alapuló OTDR /Optical Time Domain Reflectometry/ méréstechnika.

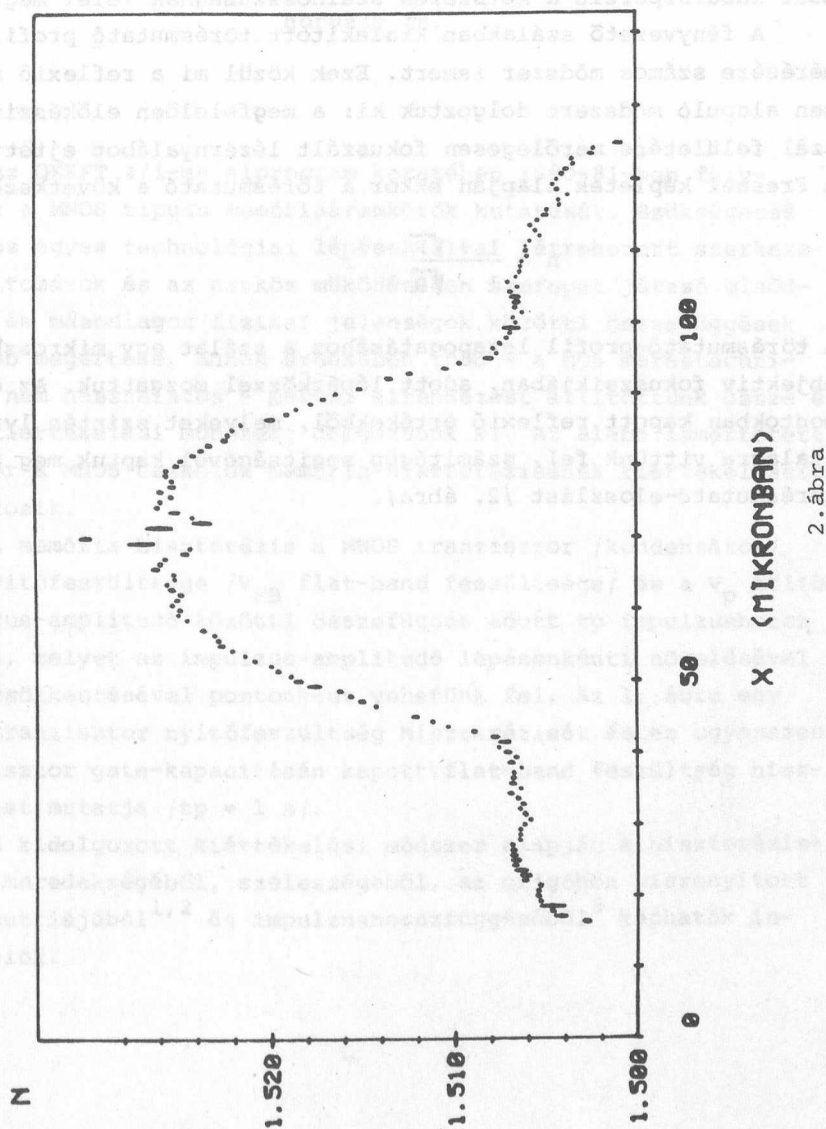
CSILLAPÍTÁS ELOSZTLÁS



1. ábra

LEM-1U
02-SEP-81

TORESMUTATO ELOSZLAS



10-357-10
L-6-3-5

2. ábra

Ennél a módszernél a szál egyik végébe rövid fényimpulzust csatoltunk, majd ugyanebből a végéből reflektált jel időbeli lefutását vizsgáltuk. Az idődiszperzió miatt a szálba csatolt rövid fényimpulzus fokozatosan szétterül, majd a szálvégről visszaverődve a szálon még egyszer végighalad. Így a detektoron mért idődiszperzió a kétszeres szálhosszúságnak felel meg.

A fényvezető szálakban kialakított törésmutató profilok mérésére számos módszer ismert. Ezek közül mi a reflexió mérésen alapuló módszert dolgoztuk ki: a megfelelően előkészített szál felületére merőlegesen fókuszált lézernyalábot ejtettünk. A Fresnel képletek alapján ekkor a törésmutató a következő:

$$n = \frac{1 + \sqrt{R}}{1 - \sqrt{R}}$$

A törésmutató-profil letapogatásához a szálat egy mikroszkóp objektív fókuszsjkjában, adott lépésközzel mozgattuk. Az egyes pontokban kapott reflexió értékekből, melyeket szintén lyukszalagra vittünk fel, számítógép segítségével kaptuk meg a törésmutató-eloszlást /2. ábra/.

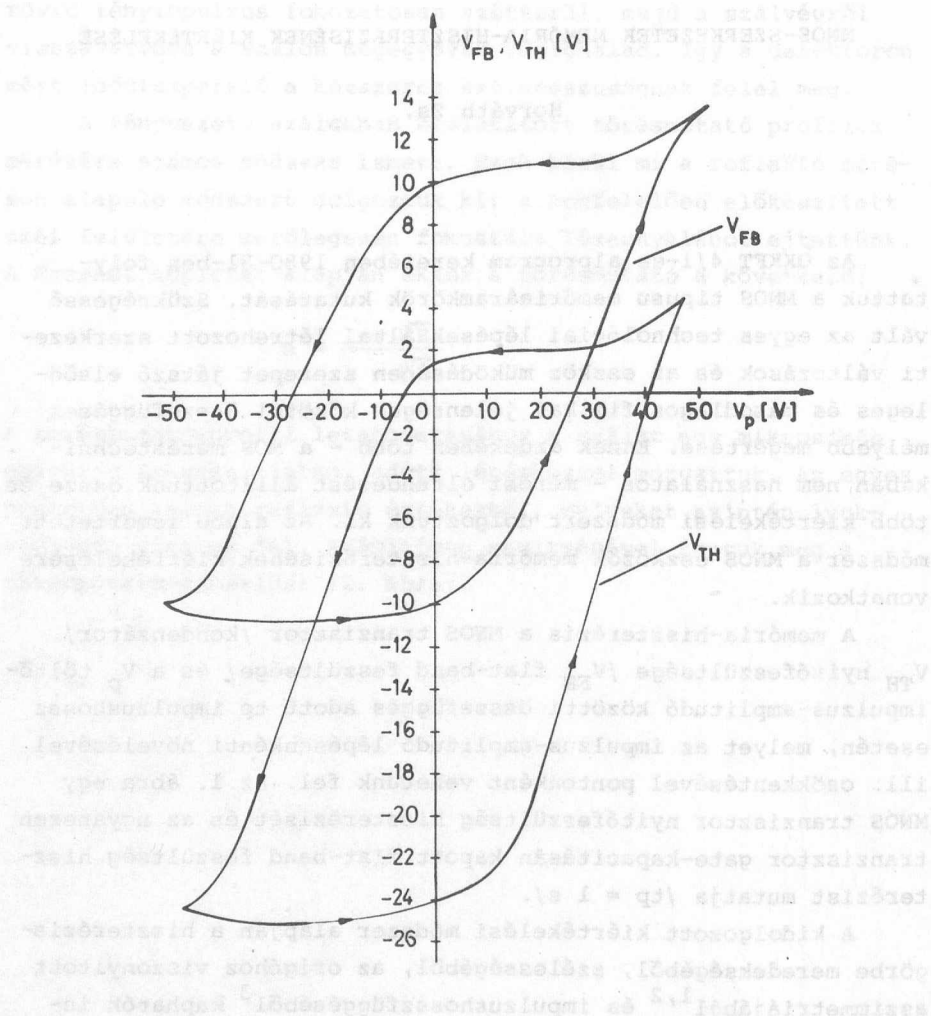
MNOS-SZERKEZETEK MEMÓRIA-HISZTERÉZISÉNEK KIÉRTÉKELÉSE

Horváth Zs.

Az OKKFT 4/1-es alprogram keretében 1980-81-ben folytattuk a MNOS típusu memóriaáramkörök kutatását. Szükségessé vált az egyes technológiai lépések által létrehozott szerkezeti változások és az eszköz működésében szerepet játszó elsődleges és másodlagos fizikai jelenségek közötti összefüggések mélyebb megértése. Ennek érdekében több - a MOS méréstechnikában nem használatos - mérési elrendezést állítottunk össze és több kiértékelési módszert dolgoztunk ki. Az alább ismertetett módszer a MNOS eszközök memória-hiszterézisének kiértékelésére vonatkozik.

A memória-hiszterézis a MNOS tranzisztor /kondenzátor/ V_{TH} nyitófeszültsége / V_{FB} flat-band feszültsége/ és a V_p töltőimpulzus-amplitudó közötti összefüggés adott t_p impulzushossz esetén, melyet az impulzus-amplitudó lépésenkénti növelésével ill. csökkentésével pontonként vehetünk fel. Az 1. ábra egy MNOS tranzisztor nyitófeszültség hiszterézisét és az ugyanezen tranzisztor gate-kapacitásán kapott flat-band feszültség hiszterézist mutatja / $t_p = 1$ s/.

A kidolgozott kiértékelési módszer alapján a hiszterézis-görbe meredekségéből, szélességéből, az origóhoz viszonyított aszimmetriájából^{1,2} és impulzushosszfüggéséből³ kaphatók információk.



1. ábra

MNOS tranzisztor tipikus flat-band és nyitófeszültség hisz-
terézis görbéje

A görbe meredeksége a töltésbevitel hatékonyságát jellem-
zi: ha nincsenek veszteségek, a görbe meredeksége egy, veszte-

ségek esetén kisebb egynél. /A gyakorlatban 0.7-0.9 között mozog./ A kísérleti eredmények és a modell számítások azt mutatják, hogy a meredekség értékét elsősorban a nitridrétegen átfolyó áram nagysága és a beépülő töltés súlypontjának mozgása befolyásolja. A töltőimpulzus lekapcsolása és a V_{TH} ill. V_{FB} érték regisztrálása között eltelt idő alatti visszatunnelezés, valamint a gyors felületi állapotokra történő befogás és az oxid polarizáció hatása másodlagos.

A hiszterézisgörbe szélességéből egy küszöbtérierősség érték határozható meg, amely minimálisan szükséges az oxidrétegben a töltésbevitelhez adott impulzushossz esetén. A görbe aszimmetriája a Si-SiO₂ határfelület közelében elhelyezkedő fix töltés értékére ad információt.

A küszöbtérierősség impulzushosszfüggéséből $J_{Ox} = K_{Ox} E_{Ox}^2 \exp(-B_{Ox}/E_{Ox})$ típusu tunnelezési paraméterek határozhatók meg, melyek közvetett információt tartalmaznak a konkrét tunnelezési mechanizmussal, a szigetelők dielektromos tényezőjével és az elektronok és lyukak rétegeken belüli effektív tömegével, valamint a tunnelezésben részt vevő energia-állapotok paramétereivel kapcsolatban.

1. Zs.J. Horváth, "Ocenka gisterézisa MNOP elementov pamjati" in Proc. 23rd Int. Sci. Coll. TU. Ilmenau C2 81 /1978/
2. Zs.J. Horváth, "Memory hysteresis measurements on silicon oxynitride films", Solid. State Electron. 23, 1053 /1980/
3. Zs.J. Horváth, M. Németh-Sallay, P. Tüttő, G. Stubnya, "The influence of films thicknesses on the switching behavior of MNOS memory devices", megjelenés alatt.

A SZIGETELŐRÉTEG ELEKTROMOS TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA

MNOS MEMÓRIA SZERKEZETEK BEN

Tüttő P., Stubnya Gy., Horváth Zs., Balázs J.

Az MNOS memóriaszerkezetek Intézetünkben folyó kutató-
-fejlesztő munkáiban a struktúra viselkedésének megismerésé-
hez és megértéséhez, valamint a jó töltéstárolási paraméterek-
kel rendelkező megbízható eszközök technológiájának kifej-
lesztéséhez a már régóta folyó töltéstárolóképeség vizsgálá-
tok mellett az elektromos tulajdonságok általánosabb vizsgálá-
tára és analizisére is szükség volt.

Az MOS eszközök elektromos viselkedését, megbízhatóságát,
döntő mértékben a szigetelő és közvetlen környezetének tulaj-
donságai és stabilitása határozza meg.

A szokásos MOS technológia termikus oxidációval állítja
elő az aktiv tartományu szigetelő rétegeket. Ezek a szokásos
kapacitásméréseknél és nem túl nagy elektromos tereknél nagyon
nagy stabilitással rendelkeznek. A mérések kiértékelése ezt
a stabilitást alapfeltételként kezeli /eltételezve azon mérések-
től, melyek éppen az instabilitást - például az alkáliák
mozgását - vizsgálják/. Az irodalom a szigetelő instabilitást
mutató C/V vizsgálati eredményeket kvantitatív értelemben
kiértékelhetetlennek tekinti.

Az MNOS rendszerek nagy elektromos terek esetén természe-
tesen instabil /elektromosan aktiv/ szigetelő rétegeük; éppen
ezért lehetséges nem illékony memóriaként való alkalmazásuk.
Vizsgálataink azt mutatták, hogy kis előfeszítő feszültségek
esetén is jelentős polarizációs folyamatok zajlanak le a szil-
liciumnitrid rétegben. Munkánk során az utóbbi időkben vizs-
gáltuk a nitrid réteg belső inhomogenitását és az MNOS szer-

kezetben lezajló polarizációs folyamatokat. Vizsgáltuk a nitridrétegbe beépült elektromos teret, ill. ezen keresztül a beépült térfogati töltéseket, a rendszer elektromos ellenállását és ezekkel párhuzamosan a réteg marási sebességét.

Az eredmények azt mutatták, hogy a nitridréteg alsó kb. 50 nm-es része kb. 10^{19} cm^{-3} töltéssűrűségű pozitív és negatív tértöltéstartományokat tartalmaz, amelyek 10^6 V/cm elektromos térerősségű beépült tartományokat eredményeznek. Ugyanilyen jellegű fluktuációkat mutattak az elektromos ellenállás és a marási sebességmérések.

Ezeknek a beépült inhomogenitásoknak, amelyeket a kémiai leválasztási folyamat beindulását jellemző gázkeveredési és disszociációs bekapcsolási tranziens hoz létre, mint kiderült, lényeges szerepük van a töltéstárolási paraméterek javításában.

A rétegbe beépült potenciálvölgyek jóval nagyobb töltésmennyiségek kis veszteségű tárolását teszik lehetővé mint a hasonló mikrostrukturájú, de homogén nitridréteggel készített MNOS strukturák esetén.

Ugyanezek a beépült inhomogén belső terek, és az ezekben megkötött töltéshordozók jelentős polarizálhatóságot eredményeznek még kis előfeszítések esetén is. A potenciálvölgyekben ugyanis nemcsak a mélyebb csapdákból ülnék töltéshordozók, hanem a sekélyekben is, sőt lokális "szabad" töltéshordozó-csomagok jelenlétét is feltételezhetjük, amelyek természet-szerűleg érzékenyen reagálnak az előfeszítő feszültség változásaira.

A C/V/ mérésekben szerepet játszó folyamatok részletes analízise azt mutatta, hogy ezek a görbék jelentős információ redundanciával rendelkeznek. Új kiértékelési módszereket dolgoztunk ki, amelyek lehetővé teszik a félvezető-szigetelő határ felületén és a szigetelő térfogatában lezajló folyamatok szétválasztását és együttes kiértékelhetőségét.

Eredményeink alapján nagy mértékben módosítani kellett a vékony oxidos MNOS szerkezetek félvezető-szigetelő határfelületi állapotsűrűség eloszlásáról kialakult képet, alapjában kérdőjeleződtek meg az irodalomban, ezen szerkezetekre közölt felületi állapotsűrűség vizsgálatok eredményei.

Eredményeink további lehetőséget nyújtanak, egyrészt a kiemelkedő jelentőségű termikus szilíciumoxidos szigetelőjű MOS szerkezetek viselkedésének pontosabb megértéséhez /így az alig vizsgált fém-szigetelő határfelületnél lejátszódó polarizációs folyamatokra is kaphatunk információt/, másrészt az egyre növekvő jelentőségű nem termikus szilíciumoxidos /annál sokkal instabilabb pl. anódikus oxidációval kémiai leválasztással stb. előállított/ szigetelőrétegű vegyületfélvezetőn kialakított MIS szerkezeteken kapott néha meglehetősen konfuzusnak tűnő mérési eredmények értékelésére.

1. P. Tüttö, J. Balázs, Zs. J. Horváth, Surface - State density evaluation problems in MNOS Structures, in : Proc. INFOS '81, Springer Series in Electron Physics Vol. 7. pp. 140-144.
2. P. Tüttö, J. Balázs, Insulator Polarization Effect in Quasistatic and High - Frequency C/V/ Curves, Solid - State Electron, 25, 45 /1982/
3. P. Tüttö, Gy. Stubnya, Zs.J. Horváth, Depth Inhomogeneity of CVD Si_3N_4 layers, megjelenés alatt.

FÉMTANI KUTATÁSOK

FÉMTANI KUTATÁSOK

A FÉMKUTATÁSI FŐOSZTÁLY TEVÉKENYSÉGE

Bartha L.

A Fémkutatási Főosztály tevékenységének jellegét meg-
szabja, hogy jelentős szerepet vállalt az 1981-ben indult
A/13 OKKFT /Anyagtudományi és anyagtechnológiai kutatás/
porkohászati programjának végrehajtásában. E műszaki fejlesz-
tésre irányuló kutatási program az OKKFT jellegéből adódóan,
a korábbinál kedvezőbb pénzügyi feltételek mellett szoros
határidőkkel és határozott célkitűzésekkel együttjáró fela-
datokat jelent, melyek eredményeit iparvállalatokkal együtt-
működve élő, működő, felhasznált technológiákká kell alakí-
tani.

Ennek érdekében kapcsolataink kibővültek egyrészt az
eredményekben érdekelt, azt fogadó iparvállalatok, az EIVRT,
az ISG Porkohászati Gyára, az Országos Érc- és Ásványbánya
Vállalat felé, másrészt a kutató munkában együttműködő in-
tézetek és kivitelező vállalkozók felé. Ez a sokirányú koor-
dináció olyan új feladatot jelent, amelynek megfelelő megva-
lósítása nélkül a kellő eredményesség elképzelhetetlen.

A viszonylag rövid idő alatt az OKKFT program keretein
belül néhány említésre méltó eredmény született, amelyeket
csak röviden sorolok fel.

Elektrokémiai eljárást dolgoztunk ki keményfém hulladé-
kok összetevőinek visszanyerésére és hasznosítására.

Hulladékmentes elektrodialitikus eljárást fejlesztettünk
ki W és Mo alkalikus oldatainak ammónium sóvá történő átala-
kitására, gazdaságos, környezetbarát ércfeldolgozás érdeké-
ben.

Katalitikus reakción alapuló új, környezetbarát eljárást
dolgoztunk ki Mo maghuzalnak W spirálból való kioldására
s megvalósítottuk annak üzemesítését.

A Mo fémporgyártás folyamatát vizsgálva felismertünk az alapanyaggal és a redukciós folyamattal szemben támasztandó néhány alapvető követelményt, amelyek elmaradásával magyarázhatóvá vált a Mo finom huzalok huzási szakadékonysága.

Új felismerésekre jutottunk az idegenanyagok szerepére vonatkozóan

- a szinterelésnél elérhető maximális sűrűséget illetően
- az atmoszféra és az idegenanyagok kölcsönhatásait és műszaki következményeit illetően.

Jelentős nemzetközi visszhangot váltottak ki eredményeink

- a szinterelési tömörödést leíró perkolációs modell megalkotásával,
- a folyadékfázisu aktivált szinterelés hajtóerőinek kvantitatív leírásával és az irányított rekrisztallizáció felismerésével.

Az OTTKT keretében a kemény rétegek adhéziós tulajdonságainak vizsgálatát kezdtük meg. Ugy gondoljuk, hogy a tapadás feltételeinek kellő tisztázása szükséges a jó minőségű, bevonatokkal nemesített szerszámok, továbbá szendvics- vagy rost-szerkezetek létrehozásához.

Az OKKFT és OTTKT programokon túl tovább bővültek közvetlen kapcsolataink az iparvállalatokkal.

Az EIVRT részére - megbízásuk alapján - az izzólámpa spirálok törékenységének okait vizsgáljuk, valamint eljárásunkra alapuló technológiát telepítünk üzemükben a Mo oldatok W szennyezésének eltávolítására. Ez utóbbi a Mo alapanyag változó W tartalmából adódó gyártási minőség-ingadozást küszöböli ki.

Az ISG Porkohászati Gyárával együttműködve keressük a lehetőséget a keményfém szerszámok minőségegyenletességének fokozására.

A Dunai Vasművel az acélgyártás területén folytatunk széles körű együttműködést, amelynek jelentősebb feladatai az alábbiak:

- az üstmetallurgiai acélgyártás kémiai folyamatainak modellezése és mikroprocesszoros vezérlés szükséges paramétereinek megadása
- a folyamatos acélöntés hidrodinamikai modelljének megalkotása az optimális öntési viszonyok számítógépes megadására, elsősorban a zárványosság megakadályozása érdekében,
- a külső zárványforrások lehetséges helyeinek kísérleti meghatározása
- a folyamatosan öntött acélszál hűtésének vezérlését biztosító detektor és kijelző rendszer megvalósítása
- a síkfekvést biztosító hideghengerlés hengerállványainak felszerelése korábban kidolgozott, a hengerlési feszültségeloszlást és hullámosságot detektáló berendezésünkkel.

Az acélipari kapcsolataink 1982-ben kibővültek. A LKM megkeresése alapján megkezdtuk a konverteres acélmű termékeinek minőségét befolyásoló oxidzárványosság néhány okának kísérleti vizsgálatát.

Tevékenységünk során nagy figyelmet fordítottunk a környezet kimélő eljárások fejlesztésére, alkalmazására, továbbá a másodlagos nyersanyagforrások lehetséges hasznosítására. Ennek példái nem csupán az OKKFT program keretében lelhetők fel, hanem az Országos Természet- és Környezetvédő Hivatallal fennálló kapcsolatunkban is, amelynek célja a hazánkban nagy mennyiségben fellelhető galvániszapok értékes fémkomponenseinek visszanyerése.

Nemzetközi kapcsolataink élénkek. Az elmúlt két évben kutatóink az USA-ban, Angliában, az NSZK-ban voltak fél-egy éves tanulmányuton. A SzUTA Szilárdtest Fizikai, valamint

Metallurgiai Kutató Intézeteivel van hatékony együttműködésünk a magas olvadáspontú fémek kutatása területén. Főosztályunkat szakterületünk számos, nemzetközi tekintélyű kutatója látogatta meg, hogy munkásságát ismertesse, illetve, hogy a mi munkánkat követlenül megismerje. Munkatársaink számos nemzetközi szakrendezvény rendezésében vettek részt, felkészülés alapján.

Jelen összeállításunk során nem törekszünk valamennyi eredményünk bemutatására. Ennek oka egyrészt évkönyvünk korlátozott terjedelme, részben azonban ipari partnereink érdekvédelme is. Szemelvényeinket fogadja az olvasó rövid tájékoztató bemutatásként.

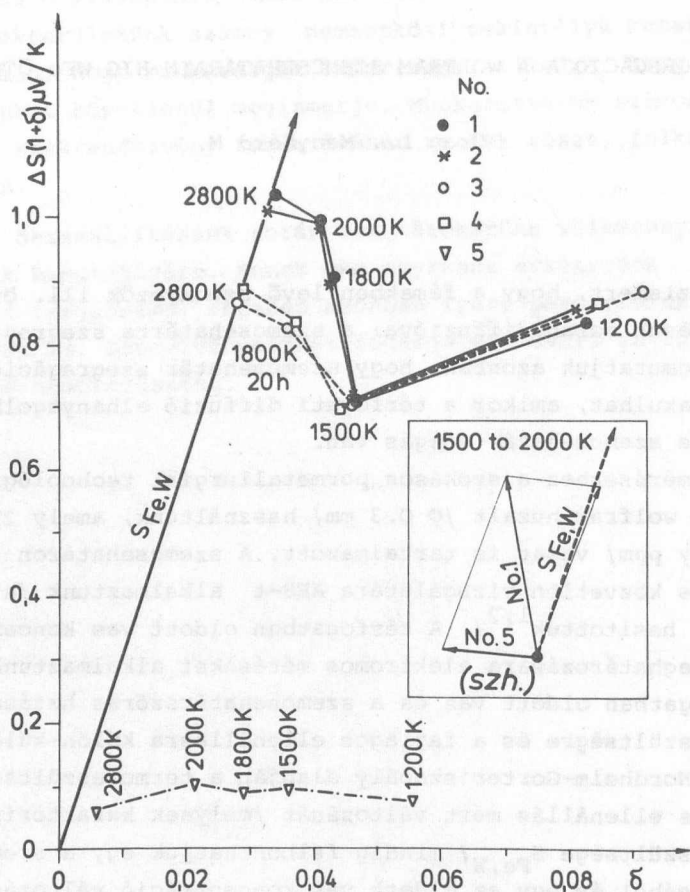
VAS SZEGREGÁCIÓJA A WOLFRAM SZEMCSEHATÁRAIN HIG WFe ÖTVÖZETEKBE

Uray L., Menyhárd M.

Közismert, hogy a fémekben levő szennyezők ill. ötvözők hőkezelések során diffúzióval a szemcsehatárra szegregálódhatnak. Megmutatjuk azonban, hogy szemcsehatár szegregáció akkor is kialakulhat, amikor a térfogati diffúzió elhanyagolható, de jelentős szemcsehatár-mozgás van.

A mérésekhez a szokásos pormetallurgiai technológiával készült wolfram huzalt $\varnothing 0.3$ mm/ használtunk, amely 250 at ppm /75 suly ppm/ vasat is tartalmazott. A szemcsehatáron feldúsult vas közvetlen vizsgálatára AES-t alkalmaztunk /a mintát UHV-ben hasítottuk^{1,2}/. A térfogatban oldott vas koncentrációjának meghatározására elektromos méréseket alkalmaztunk. Mivel a térfogatban oldott vas és a szemcsehatárszórás hatását a termofeszültségre és a fajlagos ellenállásra külön-külön ismerjük, a Nordheim-Gorter szabály alapján a termofeszültség és a fajlagos ellenállás mért változását /melynek karakterisztikus termofeszültsége $S_{Fe,W}$ / mindig felbonthatjuk egy a szemcseméret változásából és egy az oldott vas koncentráció változásából eredő részre^{3,4}. /Ezt szemlélteti a betétábrán közölt vektor-diagramm. /

Az AES mérések szerint a huzott drót szemcsehatárain még nincs kimutatható vas, míg 1500 K-en végzett 15 perces hőkezelés után a szemcsehatárokon 0.02 monoréteg vasat találtunk. Minthogy ezen a hőmérsékleten a térfogati diffúzió elhanyagolható, a szemcsehatárok csak mozgásuk során, a szemcséket mintegy "átsöpörve" adszorbeálhatták a vasat. Feltételezve, hogy a térfogati és szegregált vas egymással egyensúlyba kerül a szemcsehatár-mozgás során, a szegregációs hőre 60 kJ/mol adódott.



1. ábra

Termofeszültség ΔS - relatív többletellenállás δ diagramm a huzalok hőkezelése során bekövetkező változások vizsgálatára /az 1+6 tényezőt a Nordheim-Gorter szabály indokolja/. Az 1-4 görbék a vastartalmu /250 at ppm/ az 5. görbe pedig egy tiszta / ~ 10 at ppm vas/ huzalra vonatkoznak. A különálló vektor-diagramm a vas és a szemcsehatárok /sz.h./ hatásának összegzését mutatja 1500 - 2000 K /15 p-es/ hőkezelések között.

Az ábrán közölt méréseket a Nordheim-Gorter szabály szerint értelmezve, 1500 K-nél alacsonyabb hőmérsékletű hőkezelések során a szemcseméret nő és a térfogatban oldott vastartalom csökken. 1500 - 2000 K között a szemcseméret növekedésével párhuzamosan a térfogatban oldott vastartalom megnőtt. Ezt úgy értelmezzük, hogy 1500 K-ig a szegregáció volt a döntő folyamat, míg 1500 K felett a szegregált vasmennyiség jelentős része beoldódott a térfogatba. Az ezen hőkezelésre-megszerkesztett vektorábra igazolja, hogy itt valóban vas ment oldatba, kb. 70 at ppm mennyiségben. A szemcsehatárokon 1500 K-en az AES mérésekkel talált 0.02 monorétegnyi vas azonban ebből csak kb. 20 ppm-et magyaráz meg. A többi valószínűleg az un. kálium buborékokon volt adszorbeálva. /Ez fél monoréteg fedettségnek felel meg a buborékokon./

Szemcsehatár szegregáció kialakulhat már a szokásos gyártási körülmények között is, ahol a térfogati diffúzió még elhanyagolható. Ez kedvezőtlen körülmények között szemcsehatárok menti rideg törékenységet okoz.

1. Menyhárd M., On the fracture of doped tungsten: an AES study, in Proc. 10th Plansee-Seminar /ed. Ortner, M./ Metallwerk Plansee, 1981. Vol. 1. p. 31.
2. Menyhárd M., Potassium on the fracture surface of tungsten wires studied by AES, Surf. Interface Anal. 1, 175 /1979/
3. Uray L., Investigation of solute impurities in powder metallurgical tungsten wires by measuring thermoelectric power and electrical resistivity, phys.stat. sol. /a/ 3, 315 /1970/
4. Uray L., Some characteristic thermoelectric powers in tungsten, Acta Techn. Hung. 78, 435 /1974/

AZ ERŐSEN ALAKITOTT WOLFRAM TORZIÓS INSTABILITÁSA

Szőkefalvi-Nagy Ágnes

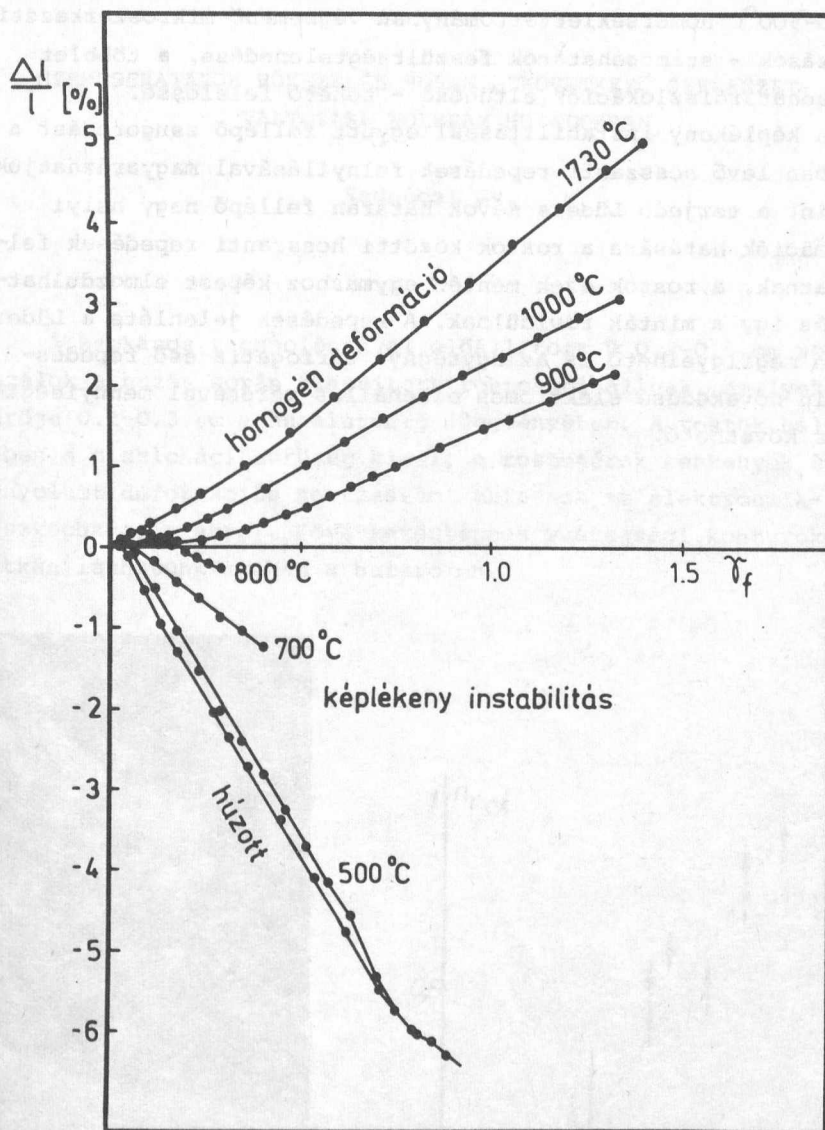
Az erősen alakított fémek hajlamosak a képlékeny instabilitásra. Ennek egyik jellegzetes megnyilvánulása az, hogy az alakítási mód változása alakítási lágyulással jár, ami az alakítás lokalizációjára vezet. Ilyen deformáció lokalizáció figyelhető meg pl. a dróthuzást követő csavarás során.

Az alakítási mód változtatása bizonyos technológiák elengedhetetlen része; az erősen huzott wolfram huzalokat például az izzólámpa iparban spiralizálják. Így az alakítási mód változtatásával járó instabilitások vizsgálatának közvetlen műszaki vonatkozásai is vannak.

Az erősen alakított /pl. 0.17 mm átmérőjű/ hőkezeletlen wolfram huzalok szobahőmérsékleten történő csavaráskor a hossz mentén inhomogén alakváltozást szenvednek. A deformáció sávokban lokalizálódik, és e sávok terjednek végig az anyagon /Lüders sávok/.

Esetünkben a sávokban terjedő deformáció anomális hosszváltozással - zsugorodással - jár. Az ábra a minták relatív hosszváltozását mutatja az előrement deformáció függvényében. Az instabilitás tartományában a deformáció növekedése az átlagos deformáció növekedését jelenti, mivel a lokális deformáció egy sávon belül nem változik, csak a sáv kiterjedése növekszik.

Az instabilitás 800°C hőmérsékleten történő hőkezelésig megmarad, magasabb hőmérsékleten történő kezelése után azonban megszűnik: a csavarodás a hossz mentén homogénné válik és a minták az egész deformáció alatt - az elméleti várakozásnak megfelelően - nyulnak.

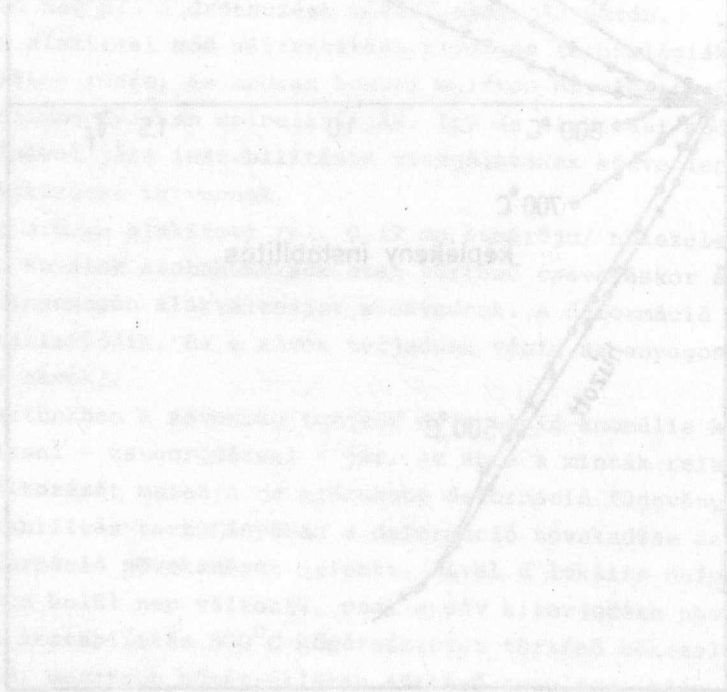


1. ábra

Különböző hőmérsékleteken hőkezelt 0.17 mm átmérőjű wolfram minták relatív hosszváltozása ($\frac{\Delta l}{l}$) a felületi teljes csavarási deformáció (γ_f) függvényében.

A leírt képlékeny instabilitás az alakítási mód megváltozásának lehet a következménye. Az instabilitás megszűnéséért az $500-900^{\circ}\text{C}$ hőmérséklettartományban végbemenő mikroszerkezeti változások - szemcsehatárok feszültségtelenedése, a többlet szemcsehatárdiszlokációk eltűnése - tehető felelőssé.

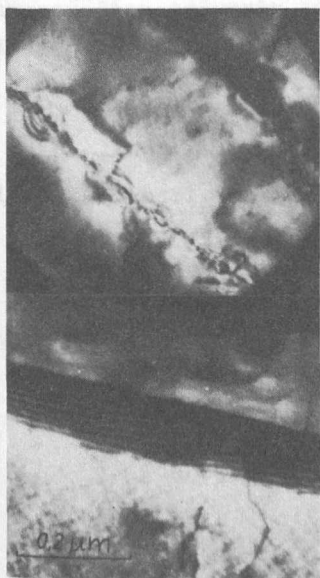
A képlékeny instabilitással együtt fellépő zsugorodást a huzalban lévő hosszanti repedések felnyílásával magyarázhatjuk. Eszerint a terjedő Lüders sávok határán fellépő nagy helyi deformációk hatására a rostok közötti hosszanti repedések felnyílhatnak, a rostok ezek mentén egymáshoz képest elmozdulhatnak, és így a minták rövidülnek. A repedések jelenléte a Lüders sávban megfigyelhető és az egységnyi térfogatra eső repedés-felszín növekedése elektromos ellenállás mérésével mennyiségi-
leg is követhető.



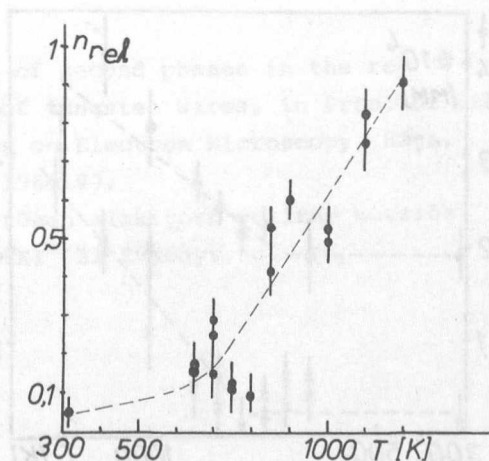
SZEMCSEHATÁROK HŐKEZELÉS SORÁN BEKÖVETKEZŐ SZERKEZET- VÁLTOZÁSA WOLFRAM HUZALOKBAN

Radnóczi Gy.

A szokásos technológiával előállított \varnothing 0.2-0.5 mm wolfram huzalok a huzás során elnyújtott rostokból állnak, amelyek átmérője 0.1-0.3 μ m a huzalátmérő függvényében. A rostok belsőjében a diszlokációsűrűség kicsi, a rosttárok keskenyek és bonyolult deformációs kontrasztot mutatnak az elektronmikroszkópban /1. ábra/. Következésképpen vastagsági konturokat ritkán láthatunk ezeken a határokon.



1. ábra A rosthatárok szerkezete deformált és hőkezelt /relaxált/ állapotban

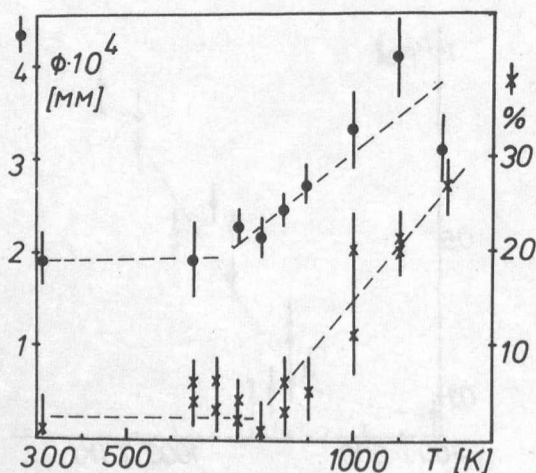


2. ábra A relaxált szemcsehatárok arányának hőmérséklet-függése

A deformációs kontraszt jellegzetességei alapján, diszlokációktól és/vagy apró $\phi \lesssim 10 \text{ nm}$ zárványoktól¹ származhat.

Az 1100–1200 K-en /30"/ végzett in-situ hőkezelés a deformációs kontraszt leépülését okozza. Ha a vastagsági konturok megjelenését a szemcsehatárokon a határ feszültségmentességének kritériumaként választjuk, meghatározhatjuk a relaxált szemcsehatárok arányát n_{rel} a mintában. Ennek a hőmérsékletfüggése látható a 2. ábrán. Leolvasható, hogy a rosthatórok feszültségtartere 700 K körül kezd relaxálni, és a folyamat 1200 K/30 perc hőkezelés hatására gyakorlatilag végbemegy, az összes határ feszültségmentes lesz.

Az 1200 K/30 perc-re számított diffúziós uthossz $\sqrt{Dt} = 0.1 \text{ nm}$ /ahol D a szemcsehatár diffúziós állandója/, azaz az atomtávolságok nagyságrendjébe esik. Az intenzív relaxáció hőmérséklete /1000–1200 K/ közel esik a folyáshatár $\delta_{0.2}$ erős hőmérsékletfüggésének a kezdetéhez $0.2 T_m \approx 1200 \text{ K}$ /. E két adat összevetése alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy a relaxáció kinetikája nem a diffúzió, hanem a diszlokációmozgások által kontrollált folyamat, bár ezek a diszlokációmozgások nagyon kis távolságra $|b|$ történnek, de termikus aktiváció útján.



3. ábra

A rostátmérő (●)
és a mozgó szemcse-
határok (*) aránya a
hőmérséklet függvé-
nyében

A szemcsehatárokból a folyamat $0.2 T_m$ alatti hőmérsékleten is végbemegy. Ez azzal magyarázható, hogy az atomi kötőssűrűség a szemcsehatárban kisebb és emiatt a szemcsehatárban kisebb aktivációs energiával számolhatunk, mint a rácsban.

Megfigyeltük, hogy a szemcsehatárok mozgása csak a relaxációs folyamat eredményeképpen indul meg, azaz, csak azok a szemcsehatárok mozognak, amelyekben a feszültségterek relaxálódtak.

A hőkezelés hőmérsékletének a függvényében az átlag rost-átmérőt és az elmozdulás jelét mutató szemcsehatárok arányát mutatja a 3. ábra. Mindkét mennyiség növekedése együtt indul a szemcsehatárfeszültségek relaxációjával.

A rosthatarok relaxációja ennek alapján szerepet játszik a szemcsehatármozgások megindulásában, azaz a rekristallizáció kezdeti szakaszában. Szerepe van azonban olyan mechanikai tulajdonságokban, mint a folyáshatár, amelyet a Hall-Petch összefüggés $\delta_{0.2} = \delta_0 + K_Y \cdot D^{1/2} / K_Y$ együtthatójának a megváltoztatásán keresztül befolyásol, vagy a huzalok nyulása, illetve zsugorodása csavarás közben² és a huzalok rosthatarmenti repedése deformáció hatására.

1. G. Radnóczy, On the role of second phases in the recrystallization of tungsten wires, in Proc. of 7th European Congress on Electron Microscopy, Hága, 1980, 1. kötet, 196-197.
2. Szőkefalvi-Nagy Á.: Az erősen alakított wolfram torziós instabilitása, MFKI '81 Évkönyv, p. 74.

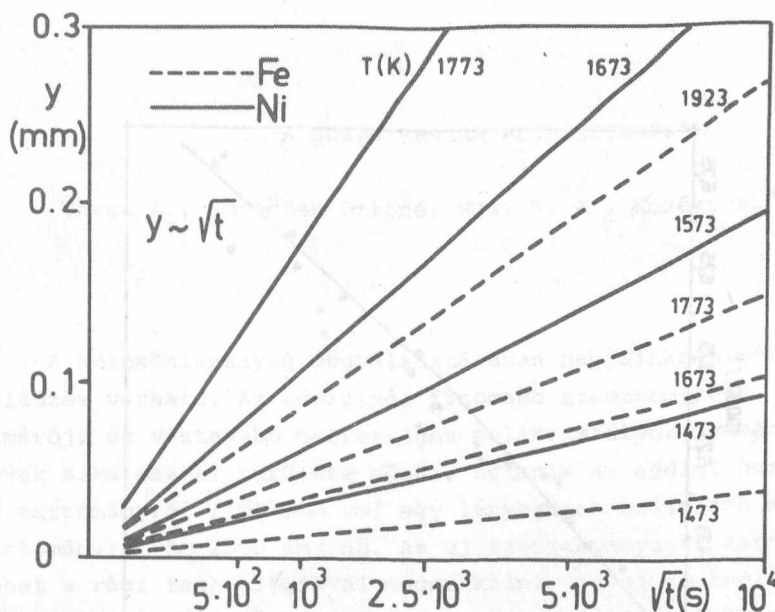
FÉMKOMPOZITOK ERŐSÍTÉSÉRE HASZNÁLT WOLFRAM HUZAL SZERKEZETI VÁLTOZÁSAINAK VIZSGÁLATA

Kozma L., Lábár J.

A megfelelően adalékolt wolfram huzalt jelentős kuszási ellenállása alkalmassá teszi arra, hogy szálerősítésként használjuk fémek huzási szilárdságának növelésére. Azonban a fém-mátrix bizonyos összetevői /különösen a nikkel/ a magas hőmérsékletű előállítás és igénybevétel során a huzalszerkezet megváltozását és a mechanikai tulajdonságok romlását okozhatják. Ez utóbbiakat részletesen vizsgálták Warren és munkatársai¹. Munkánk célja a huzalszerkezet változásainak felderítése volt W-Ni és W-Fe modellrendszerek esetében.

Nikkellel illetve vassal diffúziós érintkezésben lévő alacsony adaléktartalmú W-huzalt hőkezeltünk 1350-2000 K hőmérséklettartományban. A mikroszerkezeti változásokat optikai és pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltuk. A huzal átkristályosodását okozó aktivátor transzportot autoradiográfiás nyomjelzéses módszerrel, a keletkező kristályszemcsék összetételét pedig elektronsugaras röntgen mikroanalízissel állapítottuk meg.

Az aktivátorok hatására az adalékolt wolfram huzal ujrakristályosodása alacsonyabb hőmérsékleten megy végbe, mint azok nélkül. Ez a hatás nikkel esetében jelentősebb, mint vas jelenlétében. A nikkel által kiváltott ujrakristályosodás a huzal felületétől sugárirányban, éles határvonal formájában halad befelé. A keletkező kristályok ekviaksziálisak. Vassal történt hőkezelésnél nem lehetett megfigyelni egyértelmű ujrakristályosodási frontot; az átlagos behatolási mélység, valamint a szemcseméret jelentősen kisebb, mint a nikkel esetében /1. ábra/.

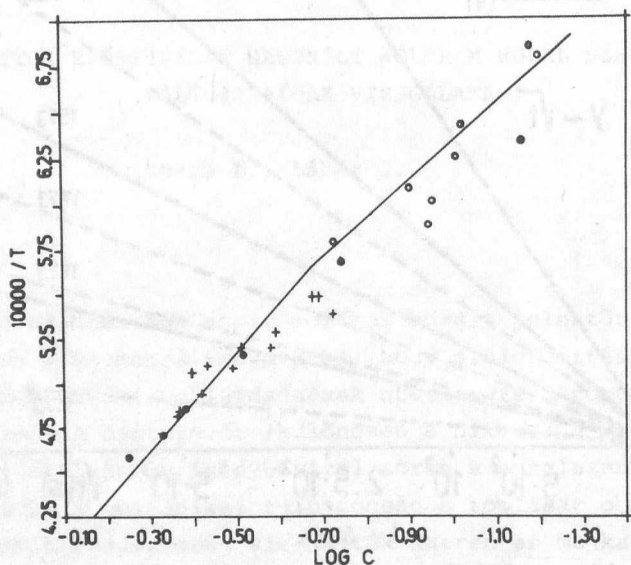


1. ábra

Az ujrakristályosodási front előrehaladása rostos szerkezetű wolfram huzalban

Az ujrakristályosodás során keletkező szemcsék az aktivált alacsony koncentrációjú szilárd oldat formájában tartalmaznak. A nikkel hatására ujrakristályosodott szemcsék aktivátor tartalma megfelel az egyensulyinak², illetve közel egyensulyi /2. ábra/. A vas koncentrációt megbízhatóan csupán a $T = 1650 - 1873$ K hőmérséklettartományban tudtuk meghatározni /0.05 at% - 0.06 at%/. Ez több mint egy nagyságrenddel kisebb, mint az egyensulyinak tekintett³ 1 at%. Ez a szilárd oldat képződés a hajtóereje a Ni illetve Fe által aktivált anyagátrendeződési folyamatnak.

Vizsgálatainkkal feltártuk a huzalban bekövetkező ujrakristályosodási folyamat hajtóerejét és kinetikáját, amelyek alapján megállapíthatók azok a feltételek, amelyek mellett nem következik be a huzalszerkezet megváltozása. Így pl. a fenti rendszereknél a hőkezelés hőmérséklete nem haladhatja meg az 1400 K-t és időtartama nem lehet hosszabb, mint 3 /W-Ni/ illetve 60 perc /W-Fe/.



2. ábra

A W - Ni fázisdiagram vizsgált szakasza az általunk mért pontok feltüntetésével

- o aktivált rekrisztallizáció
- + aktivált szinterelés
- folyadékfázisu aktivált szinterelés

1. R. Warren, L. Larsson, C.H. Anderson,
Előadás a DGM Meeting on Composite Materials Konferencián
Konstanz, W. Germany
2. Kaufmann, Nesor, Calphad 2, 55 /1978/
3. E.th.Henig, H. Hofmann: magánközlés

A HUZÓSZERSZÁM FEJLESZTÉSÉRŐL

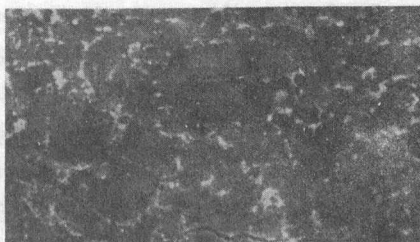
Varga L., Horacsek Ottóné, Nagy T. A., Kozéky L.^x

A huzókőalapanyag megválasztásában napjainkban mélyreható változás várható. Az eddiginél finomabb szemcseméretű, nagyobb átmérőjű és vastagabb mesterséges polikristályos gyémánt huzókővek alkalmazási területe bővül, ugyanis az eddigi huzalátmérő tartományról /100-500 μm / egy lényegesen szélesebb méret-tartományra /50-2000 μm / nő. Az új szerszámanyagot azonban nem lehet a régi technológiával megmunkálni, az új technológia beállítása elképzelhetetlen korszerű vizsgálótechnika nélkül. Az intézetünkben rendelkezésre álló vizsgáló technikát és annak alkalmazását a következőkben néhány példán kívánjuk bemutatni.

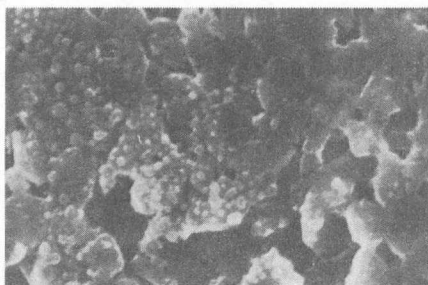
Az 1. ábra azt szemlélteti, hogy a nagyobb szemcsés polikristályos huzókő esetében csiszolási technológiával még hosszú csiszolási idők alatt sem kapunk kedvezőbb simaságu felületet, mivel a szemcsehatárok környéke könnyebben csiszolható és a különböző kristálytani síkok mentén is mások a gyémánt kopási tulajdonságai. Ez azonban nem az alapanyag hibája, mert más csiszolási technikával a megfelelő felület kimunkálható /2. ábra/.



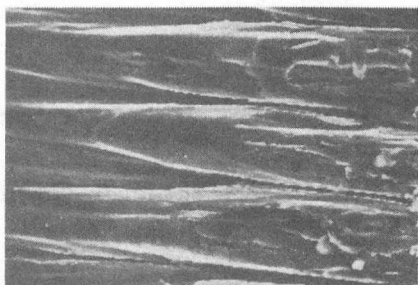
1. ábra 40 μm
Durvaszemcsés polikristályos
huzókő huzócsatornája csiszolási hibákkal



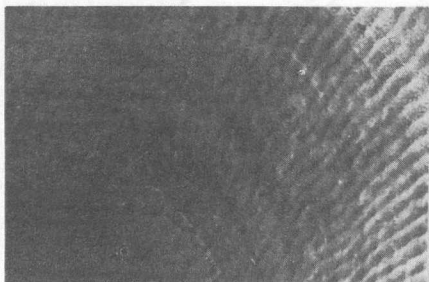
2. ábra 40 μm
Jól csiszolt durvaszemcsés
polikristályos huzókő felülete



3. ábra $16\ \mu\text{m}$
Finomszemcsés polikristályos
gyémánt felülete csiszolás
után



4. ábra $100\ \mu\text{m}$
Finomszemcsés polikristályos
gyémánt lézervágás után



5. ábra $200\ \mu\text{m}$
Finomszemcsés polikristályos
húzókö alapanyag lézerfurás
után

Az újabb finomabb szemcsézetű gyémánt megmunkálásának előbbi nehézségei tovább fokozódnak. A csiszolás megkönnyítése érdekében a korábbi előkészítésnél finomabb, például jól fókuszált lézersugárral előmunkált felületeket alakítunk ki a csiszoláshoz. A 4. ábra lézerrel vágott finomszemcsés gyémántot, az 5. ábra pedig egy finomszemcsés gyémántban lézerrel kialakított húzócsatorna részletet mutat. A lézerrel kialakított felület viszonylag tömör és csak vékony réteget kell leválasztani a megfelelő felületi simaság biztosításához.

A KÉMIAI OSZTÁLY TEVÉKENYSÉGE AZ

ELMULT ÉVEKBEN

Vadasdi Károly

A Kémiai Osztály tevékenysége elsősorban a W és Mo gyártástechnológiájának kémiai lépéseihez kapcsolódott. Az alábbi területeket műveltük:

1. Analitikai kutatások.
2. Oldat és szilárdtestkémiai kutatások.
3. Kémiai technológiai kutatások.

1. Elsősorban W és Mo fém, valamint technológiailag jelentős vegyületeinek analizisével és analitikai módszereinek fejlesztésével foglalkoztunk. Indirekt atomabszorpciós módszert dolgoztunk ki egyes káros, hagyományos atomabszorpciós módszerrel alig mérhető szennyezők /As, P/ meghatározására. Az eljárás, molibdoheteropolisavak szelektív extrakcióján és a szennyezéssel egyenértékű molibdén atomabszorpciós mérésén alapszik. Az eljárás nagyságrendekkel érzékenyebb a hagyományos közvetlen AAS módszerekhez képest¹.

A hidrogénperoxidos magkioldóberendezés szabályozási problémáinak megoldására redox-potenciál mérésen alapuló mérőeljárást dolgoztunk ki hidrogénperoxidnak Mo-magkioldó oldatokban történő folyamatos meghatározására².

2. Oldat és szilárdtestkémiai kutatások

Nátriumwolframát oldatok hidrolízis-reakcióját tanulmányoztuk potenciometriás és spektrofotometriás módszerrel. Új, a korábbiaknál egyszerűbb modellel értelmeztük a wolframátok hidrolízis reakcióját. Az új modell lényeges vonása, hogy heptawolframát ion képződésének felismerésével analógiát találtunk a molibdát ionok hasonló típusu reakciójával³.

A Szerkezetkutatási Főosztállyal együttműködve APW különféle módosulatainak alacsonyhőmérsékletű hőkezelés /0-120°/ hatására bekövetkező változásait vizsgáltuk programozható fűtésű Guinier kamrában.

Az észlelt szerkezetváltozások során bekövetkező folyamatokat párhuzamosan végzett TG és kémiai analizissel határoztuk meg.

A vizsgálatok során megállapítottuk, hogy az APW reverzibilis, többfokozatu, vízvesztéssel járó átalakulásokon megy keresztül eddig nem észlelt új fázisok kialakulása közben. Meghatároztuk e fázisok képződésének alapvető körülményeit és rámutattunk e folyamatoknak az APW szárítás ipari gyakorlatában játszott szerepére^{4,5}.

3. Kémiai technológiai kutatások

A hagyományos kénsav-salétromsav alapú Mo magkioldó eljárás erősen környezetszennyező és egészségkárosító tulajdonsága ma már nem felel meg egy korszerű vegyi technológiával szemben támasztott követelménynek. Fém Mo és W hidrogénperoxid-katalizátor elegyekben történő oldódását tanulmányozva felismertük, hogy találhatók olyan katalizátorok, amelyek jelenlétében a Mo oldódási sebessége nagyságrendekkel növelhető a tiszta hidrogénperoxidban észlelt értékhez képest. E felismerés alapján tömegtermelésre alkalmas eljárást és berendezést fejlesztettünk ki Mo mag W spirálokból történő kioldására. További eljárást fejlesztettünk ki a Mo visszanyerésére használt magkioldó oldatokból, hulladékoldatokból /Mo sav ill. APMo formában/.

A kioldási és Mo visszanyerési eljárások költsége nem haladja meg a hagyományos eljárását. A Mo visszanyerés határfoka magasabb, a kinyert Mo sav ill. APMo kémiai szennyezők szempontjából tisztább, a hagyományos eljárás útján nyertnél. Az új eljárások során keletkező környezetszennyező hulladékanyagok mennyisége nagyságrendekkel kisebb a hagyományos eljáráshoz képest^{6,7}.

Technológiai kutatásainkat tovább bővítve, elsősorban az APW ércből történő korszerű előállítási lehetőségeit vizsgáljuk, valamint különféle W-tartalmú hulladékanyagok /tisza és

vegyes fémhulladékok, keményfémhulladékok/ újrahasznosítását.

1. P. Tekula-Buxbaum, Mikrochim. Acta II. p. 183. /1981/
2. I. Szilassy - K. Vadasdi, SAC 80, Fifth Int. Conf. on Anal. Chem. Lancaster Univ., 1980.
3. Benes E., Egyetemi doktori értekezés, Budapest, 1981.
4. M. Farkas-Jahnke, T. Grósz, E. Benes, K. Vadasdi, Fifth European Cryst. Meeting, Copenhagen /1979/
5. M. Farkas-Jahnke, T. Grósz, E. Benes, K. Vadasdi, X. Hung. Diff. Conf. Balatonaliga /1980/
6. Eljárás molibdénnek volfrám jelenlétében való szelektív feloldására, Találmányi bejelentés MA-3152 /1979/
7. Berendezés szilárdtestek folyadékkal előnyösen fémtesteknek oldószerrel történő kezelésére, Találmányi bejelentés OTH-1716/80 /1980/
8. Eljárás molibdénnek hidrometallurgiai műveletek során keletkező hig oldatokból történő kinyerésére, Találmányi bejelentés /1981/

AMMÓNÍUM-HEPTAMOLIBDÁTOK ELŐÁLLÍTÁSA KÜLÖNBÖZŐ HIDROGÉN-
IONKONCENTRÁCIÓJU OLDATOKBÓL; AZ ANYAGOK MORFOLÓGIAI,
KÉMIAI ÉS RÖNTGEN VIZSGÁLATA

Tekuláné Buxbaum Piroska, Grósz Tamás, Farkasné Jahnke M.
Vadasdi Károly

Az ammónium-heptamolibdát a molibdén előállítás egyik szokásos alapanyaga. Az optimális gyártástechnológia kidolgozása-kor lényeges az előállítási körülmények és a termék összetétele illetve morfológiája közti kapcsolat tisztázása, továbbá annak vizsgálata, hogy a technológiai lépéseknek megfelelő hőkezelések milyen szerkezeti és összetételbeli változásokat okoznak a különbözőképpen előállított anyagokban.

Előállítás

Molibdénsavat ammónia-víz elegyében forrón oldottunk, majd cc NH_4OH -dal ill. cc HNO_3 -val beállítottuk a kívánt pH értékeket. Az oldatot forrón szűrtük és intenzív keverés közben 45 perc alatt 20°C -ra lehűtöttük. A keletkezett csapadékokat üveg-szűrőn szűrtük, szobahőfokon levegőn szárítottuk, majd különböző hőmérsékleteken 2 órán át hőkezeltük. A vizsgálatokat ezt követően szobahőmérsékleten végeztük.

Eredmények

A minták MoO_3 -tartalmát 550°C -on végzett 2 órás hőkezelés előtt illetve után végzett súlymérésből határoztuk meg, az eredményt a táblázat harmadik oszlopában közöljük.

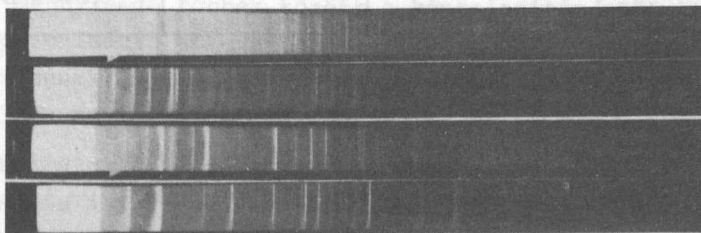
Az anyagokat pásztázó elektronmikroszkópban vizsgálva az 1.a,b és c ábrán látható, hogy míg az 5,5-6 pH értéknél előállított porok szemcséi jól fejlett lapokkal határolt kristálykák, 7 pH környékén ezek már felhasadozottak, és a 8,5 pH felett készült mintákat pedig már alaktalan és erősen felrepedt szemcsék alkotják.

A mintákban jelenlevő fázisok röntgendiffrakciós vonalrendszerét mutatjuk be a 2.a,b,c és d ábrán, a fázisanalizisek eredményeit pedig a táblázat utolsó oszlopában közöljük.



1. ábra

Ammónium-heptamolibdát minták pásztázó elektronmikroszkópos képe: a/ pH = 5,54; b/ = 7,02; c/ pH = 8,75



2. ábra

Röntgendiffrakciós felvételek hőkezelt ammónium-molibdát mintákról: a/ A fázis; b/ B fázis; c/ E fázis; d/ D fázis

Előállítás pH /C°/	Hőkezelés t ± 5°C	MoO ₃ súly%	Röntgen ^{xx} analízis
5,54 /90°/	20	78,88	A
	80	79,96	B + kevés A
	120	83,05	B
	160	87,54	D
6,03 /90°/	20	79,39	A
	80	80,35	B + kevés A
	120	84,28	B
	160	89,58	D
7,02 /90°/	20	83,74	A
	80	84,22	A
	120	86,14	E + kevés B
	160	91,25	D
7,98 /85°/	20	84,56	A
	80	84,74	A
	120	87,44	E + kevés B
	160	89,04	E + D + keves B
8,75 /70°/	20	84,45	A
	80	84,69	A
	120	87,17	E + kevés B
	160	89,59	E + D + keves B

^{xx}A - 3/NH₄/2O.7MoO₃.4H₂O

B - 2/NH₄/2O.5MoO₃

E - /NH₄/2O.3MoO₃

D - /NH₄/2O.4MoO₃
81,53 súly% MoO₃87,36 súly% MoO₃89,26 súly% MoO₃91,71 súly% MoO₃

AZ ACÉLIPARI FOLYAMATELLENŐRZÉS EGYES KÉRDÉSEI

Kele A. Salamon A. Major J.

Az acélipari fejlesztések egyik célja a termékek minőségének javítása és az előállítási költségek csökkentése. A folyamatos acélöntés bevezetése a fejlődés egyik fontos állomása volt. Az öntési sebesség növelése és az acélminőség további javítására való törekvés azonban számos kérdést vetett fel. Az intézetünkben folyó munka, melyet a Dunai Vasművel együttműködve végzünk, ezen feladatok megoldását célozza.

Az acélminőséget meghatározó jellemzők között egyike a legfontosabbaknak az öntött buga összetétele, zárványtartalma, a zárványok minősége és eloszlása. A zárványok egy része az acél metallurgiai kezelése során, az acélfürdő belsejében keletkezik, míg másik részük az acélgyártás technológiai lépései során a folyékony acéllal érintkezésbe kerülő üstfalazatból, öntőporból, stb. kerül az acélfürdőbe.

A kívánt acélminőségre jellemző kémiai összetétel általában az acél erőteljes dezoxidálását, esetenként a kén-tartalom alacsony szintre állítását kívánja meg. A kemencéből csapolt adagok dezoxidációja az üstben történik, különböző dezoxidáló szerek adagolásával. Az acélban oldott oxigén elegendően kis mennyisége többek között a kén-telenítés előfeltétele. Ezért a dezoxidáció sikerét a Dunai Vasműben is a gyors és pontos oxigénaktivitás mérést lehetővé tevő elektrokémiai oxigénszondák segítségével ellenőrzik.

A dezoxidációhoz szükséges adalékok mennyiségének meghatározása és a folyékony acélfürdőbe juttatása biztosítja az acél kívánt oxigénszintjét. Az üstmetallurgiai folyamatok modellezése a gazdaságos adalékanyag-felhasználáson kívül a kívánt acélösszetétel nagyobb valószínűségű beállítását is lehetővé teszi. Intézetünkben a kén-telenítés sikerének feltételeit vizsgálva ismertük fel a teljes üstmetallurgiai

folyamat modellezésének szükségességét. Munkánk során a Dunai Vasműben gyártott acéladag közel 200 acél- és salakelemzési adatát használtuk fel. Megállapítottuk, hogy az üstmetallurgiai kezelés első lépése, a dezoxidáció, sőt, már a kénecéből történő csapolás minősége is lényegesen befolyásolja a későbbi, skandináv lándzsával történő kéntelenítés sikerét. /Ennél az eljárásnál a megfelelő kéntelenítő szert egy, az acélfürdőbe merülő lándzsán keresztül argon vagy nitrogén hordozógáz segítségével juttatják az acélfürdő belsejébe./ A teljes üstmetallurgiai folyamat áttekintése felhívta a figyelmet az acélgyártás technológiájának azon pontjaira, amelyek a kívánt acélösszetétel /pl. a fürdő S, Al, O tartalma/ beállításánál különösen fontos szerepet kapnak./

Az üstmetallurgiai kezelések során az acélba jutó adalékok mennyiségét és az acélba juttatás módját úgy választjuk meg, hogy az acélfürdő a lehetőségekhez képest kevés, és viszonylag kellemes tulajdonságu zárványt tartalmazzon. Az üstmetallurgiai jól előkészített acél öntésénél azonban a legnagyobb gond továbbra is az, hogy az acélfürdőben jelen lévő, vagy abba az öntés folyamán bekerülő zárványokból minél kevesebb fagyjon bele az acélba dermedés közben. Ezért fontos tudnunk, hogy az öntőgép mely részéből kerülnek ki azok a szemcsék, amelyek zárványként belefagynak a kész termékbe.

Ezen kérdések vizsgálatára nyomjelzéses módszert dolgoztunk ki. Mivel radioaktív izotópok használatánál az egész üzem szennyeződhet, nem-aktív nyomjelzést használtunk, olyan elemet választva, amely még nyomokban sem fordul elő a vasércben, kokszbán, salakképző és tűzálló anyagokban, de igen kis koncentrációban is jól kimutatható, ugyanakkor fizikailag és kémiailag hasonlít a szokásos tűzálló- és salakanyagok leggyakoribb összetevőihöz. Választásunk a lantánra és európiumra esett; ezek az itt felhasznált természetes anyagokban nem fordulnak elő, reaktor neutron aktivációs módszerrel jól kimutathatóak, és oxidjuk fizikai-kémiai tulajdonságai hasonlítanak pl. az alumíniumoxid tulajdonságaihoz.

Vizsgálataink során európiumoxiddal preparáltuk a folyamatos acélöntő gép különböző részeinek tűzálló falazatát, az öntőport, stb., és minden egyes esetben meghatároztuk a hidegen hengerelt vékony lemez felületi hibáinak európium tartalmát. Erre a célra kifejlesztettük az ún. mátrix komparátor módszert, amely lehetővé tette, hogy a szükséges igen sok mintát egy kutató és egy segéderő viszonylag rövid időn belül analizálhassa. A módszer lényege az, hogy a mintában lévő, a minta fő tömegét alkotó vasat használjuk standardként /komparátorként/. Ennél a módszernél nincs szükség külön standard mintára, azt nem kell elkészíteni, sem pedig besugározni. A minta és a komparátor besugárzása mindig azonos, nincs szükség sem a geometriai és tömegadatokra, sem pedig a besugárzás nagyságának konkrét ismeretére.

Méréseinkből megállapítható, hogy a folyamatos öntés során a fő exogén zárványforrás a kristályosítóba szórt öntőpor, a különböző minőségű öntőporok között azonban ebből a szempontból nem tapasztaltunk különbséget. Lényeges zárványforrás még a közbenső üst falazata is, azonban a kereskedelemben is beszerezhető GARNEX lapokat használva a közbenső üst falazata már nem szerepel jelentős zárványforrásként.

További vizsgálatokat folytatunk még a közbenső üst salakjának, mint potenciális zárványforrásnak a szerepéről, és vizsgáljuk, hogy a merülő tölcser bemerítésének milyen hatása van a kristályosítóban lévő acélolvadék felületén lévő salak /öntőpor/ bemosódására.

Az irodalomban nem ismert ehhez hasonló módszer, amely radioaktív izotópok használata nélkül kísérletileg "nyomon követi" az exogén zárványok útját. Ez a vizsgálat jól kiegészíti a jelen évkönyvben is ismertetett, Demendy Zoltán által végzett számítógépes modellező munkát, ami pl. az öntőgép kristályosítójában megszilárduló acélolvadéokban uralkodó áramlási és egyéb viszonyokba nyújt betekintést.¹

A kísérleti munka és a számológépes hidrodinamikai modell összevetéséből további felismeréseket várunk, amelyek lehetővé teszik az öntött acélszál zárványosságának további csökkentését, s hidegen hengerelt acélvégtermék minőségének további javítását.

1. Demendy Z.

A folyamatos acélöntés matematikai modellezése

MFKI '81 Évkönyv, p. 95.

A FOLYAMATOS ACÉLÖNTÉS MATEMATIKAI MODELLEZÉSE

Demendy Z.

A modern acélgyártó vertikumok két alapvető eleme a konverter és a folyamatos öntőmű. Közös vonásuk, hogy az acélfürdőben a hőfizikai és kémiai folyamatokkal egyidejűleg nagysebességű turbulens keveredési folyamatok mennek végbe. Ez utóbbiak figyelembe vételétől egy matematikai modell nem tekinthet el, ugyanakkor ezek számítása jelenti a számítógépes modellezés legnehezebb elemét.

Az utóbbi tíz esztendőben indult meg a komplex metallurgiai folyamatok számítógépes modellezése. A hagyományos tuskóöntésre vagy az elektrosalakos leolvasztásra jó gépi szimulációk vannak. Ezekben az esetekben azonban nincs turbulens keveredés^{1,2}.

A turbulens áramlások vizsgálatának hagyományos eszköze a hasonlósági elméleten alapuló vízmodell. Ez a megközelítés azonban csak látszatra egyszerű. A legfőbb nehézség az, hogy az áramlási tér kimérése nehézkes és hosszadalmas; a mérés hibája aligha szorítható 20% alá. A másik hátrány az, hogy a hasonlósági kritériumokat nem lehet csak közelítőleg kielégíteni. Maga a vízmodell sem kicsi: lineáris mérete a rendszer méretének³ 30-60%-a.

Az utóbbi időben gazdaságossági okok miatt a folyamatos öntőművekben létfontosságúvá vált az öntési sebesség növelése. A rendszer a kiélezett üzemi feltételek mellett viszont az öntési folyamat kisebb zavaraira is jobban reagál. Fontossá válik tehát annak kvantitatív ismerete, hogy melyik paraméter mily mértékben felelős a minőséget meghatározó mennyiségekért.

A folyamatos öntés matematikai modelljei kezdetben tisztán a hőfizikai effektusokkal foglalkoztak és a dermedési viszonyokat vizsgálták különböző szekunder zónabeli hűtések mellett.

A beömlő acélsugár okozta keveredést egy effektív hővezetési együtthatóval vették figyelembe⁴.

A turbulens recirkulációs áramlások kezelése sokáig megoldatlan volt hiszen a még Prandtl-tól származó félempirikus formulák csak a határréteg áramlásra jók.

Spalding és munkatársai⁵ dolgozták ki a recirkulációs áramlásokra a turbulens energia disszipációt vezérlő félempirikus egyenleteket. Munkájuk eredménye kettős. Egyrészt megadták a turbulens energiadisszipáció /effektív viszkozitás/ evolúciós egyenleteit, másrészt egy iterációs módszert javasoltak a stacioner áramlási tér kiszámítására.

Az általunk végzett munkában csak az energiadisszipációs egyenletet használjuk fel, mert célunk egy nem stacioner állapot kialakulását is követni képes modell felállítása. Ez uton az öntési folyamat zavarai is modellezhetővé válnak.

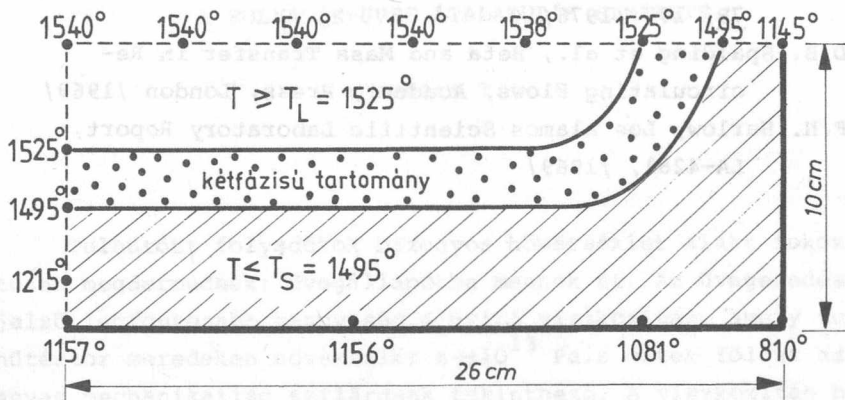
Az egyenleteket ezért a szabad felszínű nem stacioner áramlások kezelésére kidolgozott MAC/Marker and Cell/ módszerrel oldottuk meg. Ezt egy Los-Alamosi csoport dolgozta ki 1965-75 között⁶.

A megoldási stratégia a következő:

1. Az öntési folyamat legkezdetétől mint kezdeti állapotból indítjuk a rendszert és csak a lamináris egyenleteket oldjuk meg.
2. Elérvén a stacioner állapotot fokozatosan csökkentjük a kinematikai viszkozitást és fokozatosan kapcsoljuk be a turbulens energia disszipációt.
3. Megváltoztatjuk a határfeltételeket és a hővezetési egyenletet is figyelembe vesszük.

A kiszámított végállapotot úgy ellenőrizzük, hogy a második és harmadik lépéseket felcseréljük. A hálósűritést már nem kell elvégezni, hiszen arra még a próbafuttatások alatt sor került.

A módszer persze gépidőigényesebb mint egy, a stacioner állapot közvetlen meghatározását végző számítás. Döntő előnye viszont, hogy reális időben dolgozik, így az iteráció stabilitásának problémája nem merül fel, ami egyébként az elliptikus rendszerek megoldásának fő nehézsége.



1. ábra

52 x 20 cm² méretű folyamatosan öntött szál hőmérséklet eloszlása a meniszkusztól mért 210 cm távolságban 0.6 m/p öntési sebesség mellett. Öntési hőmérséklet: 1550 °C, likvidusz hőmérséklet: 1525 °C, szolidusz hőmérséklet: 1495 °C.

A jelen számítás az első valóban háromdimenziós modell a kristályosító fizikai folyamataira és lehetővé teszi a fürdőbe került zárványok viselkedésének megértését. Az 1. ábra tipikus szilárdulási frontot mutat be néhány karakterisztikus hőmérséklet feltüntetésével.

1. S.D. Ridder et.al., Effect of fluid flow on macrosegregation in axi-symmetric ingots, Met. Trans. 12B, 435 /1981/
2. A.M. Dilawari és J. Szekely, Heat transfer and fluid flow-phenomena in electroslog refining, Met. Trans. 9B, 77 /1978/

3. J.W. Hlinka és T.W. Miller, Iron Steel Eng. p. 123 /1970/
4. A. Grill et al., Heat flow, gap formation and break-outs
in the continuous casting of steel slabs, Met. Trans.
7B, 177 /1976/
5. D.B. Spalding et al., Heta and Mass Transfer in Re-
circulating Flows, Academic Press, London /1969/
6. F.H. Harlow, Los Alamos Scientific Laboratory Report,
LA-4281, /1969/

A FOLYADÉK-ÜVEG ÁTALAKULÁS ELMÉLETE

Geszti T.

Tulhűtött folyadékok bizonyos hőmérséklet alatt fokozatosan megdermednek: üvegállapotba mennek át. Az üvegesedést jelző legfontosabb mennyiség a nyiró viszkozitás, amely tulhűtéskor meredeken növekszik; $\eta \approx 10^{13}$ Pa.s érték fölött az anyag mechanikailag szilárdnak tekinthető. A viszkozitás hőmérsékletfüggését az üvegesedés közvetlen közelében jól leírja a Vogel-Fulcher törvény:

$$\eta \approx \eta_0 \exp \frac{A}{T-T_0}$$

Kisebb viszkozitások tartományában a Batchinski-Hildebrand törvény:

$$\eta \approx \frac{\eta_1}{T-T_1}$$

írja le jól az adatokat.

A fenti empirikus összefüggések mikroszkópikus magyarázata távolról sem tisztázott. Abban többé-kevésbé egyetértenek a kutatók, hogy a nagyviszkozitású, majdnem megdermedt folyadék lamináris áramlását valamiféle hibahelyek /vakanciák, diszlokációk vagy diszklínációk/ mozgása segíti, és a Vogel-Fulcher törvény ezek termikusan aktivált keletkezésének és mozgásának felel meg. Magasabb hőmérsékleten, kisebb viszkozitásnál azonban a hibahelyek "feloldódnak", térben és időben nem definiálhatóak. Ilyen körülmények között a folyadék áramlása a sűrű gázéhoz hasonló, és valami teljesen új mechanizmust kell kitalálni annak megmagyarázására, hogy a viszkozitás miért látszik divergálni egy véges T_1 hőmérséklet közelében.

Kemény gömbökből álló gáznál ilyen új mechanizmus az ütközéses impulzusátadás, amely a szoros illeszkedés elérésekor végtelenül gyorsá válik. Lágy potenciállal kölcsönható részecskéknél azonban az éles határsűrűségnek semmilyen közvetlenül szemléletes jelentése nincs.

A keresett mechanizmusra a következő javaslatot tettük¹. Az anyag megdermedésekor az atomi hullámhosszu sűrűségfluktuációk relaxációjának csak a rezgésekből eredő része marad gyors, a szerkezeti átrendeződésből eredő része lelassul, majd teljesen leáll. Ha elfogadjuk, hogy a szerkezeti relaxáció sebességét hosszú időkre az öndiffúziós együttható szabja meg, ez utóbbi pedig - a közismert Stokes-Einstein reláció értelmében - fordítva arányos a viszkozitással, akkor a rezgési relaxációs időhöz képest hosszú t időkre a sűrűségfluktuációk korrelációs függvénye így változik:

$$\langle \rho(-\vec{q}, 0) \rho(\vec{q}, t) \rangle \approx R(q) \exp(-\gamma_q t),$$

ahol q a sűrűségfluktuációk hullámvektora, és a γ_q szerkezeti relaxációs sebesség fordítva arányos a viszkozitással:

$$\gamma_q \propto \eta^{-1}$$

A lassan lecsengő sűrűségfluktuációk azonban csatolódnak a lamináris áramláshoz, mivel a göröngyös atomi síkok egymáson való elcsuszását sűrűsödési hullámok kisugárzása kíséri. Ez a folyamat járulékot ad a viszkozitáshoz, amit a móduscsatolás módszerével² lehet kiszámítani. A járulék a γ_q szerkezeti relaxációs sebességet a nevezőben tartalmazza, így a fentiek szerint a viszkozitással egyenesen arányos lesz. A teljes viszkozitás így két tag összegeként adódik:

$$\eta = A(T)\eta + B(T),$$

ahol az első tag a sűrűséghullámok emissziójának megfelelő móduscsatolási járulék, $B(T)$ pedig az összes többi folyamat /pl. direkt atom-atom ütközések/ járuléka a viszkozitásba.

Az utolsó egyenletet η -ra megoldva

$$\eta = \frac{B(T)}{1 - A(T)}$$

Ha $A(T)$ valamilyen T_1 hőmérsékleten eléri az 1 értéket, ott η végtelenné válik. T_1 körül $B(T) \approx B(T_1)$, $A(T) \approx 1 + A'(T_1)(T - T_1)$ közelítéssel visszakapjuk a bevezetőben említett Batchinski-Hildebrand törvényt.

Az üvegesedő folyadék teljes hőmérsékletfüggését ezekután úgy írhatjuk le, hogy ha a fenti mechanizmussal a viszkozitás felnövekedett valamilyen kritikus értékig, akkor a lamináris áramlásban hibahelyek képződnek, amelyek mozgása átmenetileg kisebb effektív viszkozitást, de további túlűtés esetén a Vogel-Fulcher törvénynek megfelelően meredekebb növekedést eredményez.

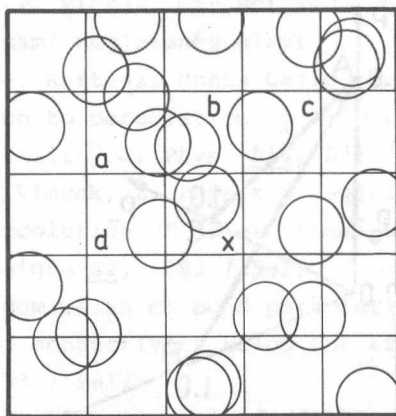
1. T. Geszti, J. Phys. C., megjelenés alatt.
2. L.P. Kadanoff, J. Swift, Transport coefficients near the liquid-gas critical point, Phys. Rev. 166, 89 /1968/

PERKOLÁCIÓS MODELLEK VIZSGÁLATA

Kertész J., Vicsek T.

A perkoláció fogalma, amely eredetileg a porózus anyagokon keresztül történő szivárgás leírására szolgált, igen alkalmasnak bizonyult a rendezetlen rendszerekben /pl. hig mágneses ötvözetek, fém-nemfém kompozit anyagok, polimer oldatok stb./ fellépő, tisztán geometriai eredetű átalakulások leírására. A perkoláció elmélet így gyakorlati jelentőséggel is bír, mivel alkalmazható egy sor inhomogén szerkezetű anyag előállítási technológiájában rejlő mélyebb összefüggések feltárására. A porkohászati eljárás közben például több perkolációs folyamat is lejátszódik; ilyen a porszemcsék összenövése egy szilárd testté, az adalékanyagok kipárolgása a szemcsék közötti diffúziós utakon stb.¹.

A perkolációs átmenet, amelynek során a rendszerben lévő véletlen geometriájú clusterek összeolvadnak egy nagy, az egész anyagra kiterjedő clusterré, nagy hasonlóságot mutat a másodrendű fázisátalakulásokkal. Ezt az un. kritikus viselkedést a betöltési valószínűség küszöbértéke és az egyes szinguláris mennyiségekhez rendelhető kritikus exponensek írják le. Ezek az exponensek a számítások szerint - összhangban az univerzalizálás elvével - az azonos dimenzióju rácsrendszerek esetében a hibahatárokon belül megegyeznek. Nem volt azonban meggyőző numerikus bizonyíték arra, hogy ez az állítás kiterjeszthető-e a rácsokétól eltérő szerkezetű modellekre is, bár a valós rendszerek jelentős része a folytonos /nem rács geometriájú/ perkolációval írható le. Ezért a folytonos eset vizsgálatára egy Monte Carlo renormalizációs csoport eljárást dolgoztunk ki, és meghatároztuk a korrelációs hossz kritikus exponensét az átlapoló korongokból álló rendszerben /l. ábra/.

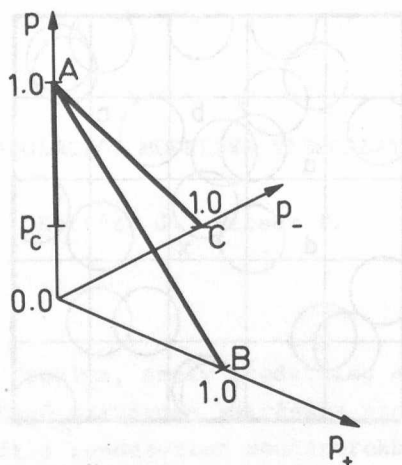


1. ábra

Egy folytonos modell: az átlapoló korongokból álló rendszer. Az ábrán látható négyzetháló a clusterek statisztikájának számítógépes meghatározását könnyíti meg.

Ugy találtuk, hogy a folytonos és a rácsperkoláció azonos univerzalitási osztályhoz tartozik, tehát a megfelelő kritikus exponensek megegyeznek. A kritikus területhányad csak gyengén függ a sugáreloszlástól, a különböző esetekben egyaránt a ~ 0.7 érték adódott erre a mennyiségre^{2,3}.

Az átlapoló gömbökből álló rendszerben a fekete tartományok /gömbök által kitöltött rész/ és a fehér tartományok /a gömbök közötti rész/ az egész rendszerek idevonatkozó tulajdonságától eltérően immár nem hasonló szimmetriájúak ezért a fekete tartomány kritikus térfogathányada v_c /fekete/ nincs közvetlen összefüggésben v_c /fehér/-rel. Ez utóbbi mennyiségre a v_c /fehér/ = 0.044 ± 0.007 becslést kaptuk⁴.



2. ábra

A p valószínűséggel irányítatlan, p_+ valószínűséggel csak pozitív, p_- valószínűséggel csak negatív irányokba vezető éleket tartalmazó rendszer kritikus felülete /vastagon kihuzva/.

Az inhomogén közegben való diffúzió perkolációs modelljeinek vizsgálata az utóbbi két évben igen intenzívvé vált. Ebben a korábbi sztatikus modellektől eltérő perkolációs problémában egy részecske bolyong a clusterek alkotta "labirintusban". A témával kapcsolatos eredmények egy része ellentmondásban van egymással, míg egyes más paraméterek és modellek vizsgálatára még egyáltalán nem került sor. Monte Carlo szimulációs számításaink az átlagos négyzetes eltávolodás hosszú idejű határértékére vonatkozó Stauffer féle hipotézist támasztották alá, szemben néhány egyéb eredménnyel⁵. Meghatároztuk ezenkívül az irányított kötéseket is tartalmazó perkolációs fűrtökhöz való bolyongás kritikus felületét is /2. ábra/. Arra az esetre, amikor az összes él irányított egy aszimptotikusan egzakt megoldást adtunk meg, amelyből jól látszik, hogy a bolyongás ebben az esetben kvázi-egydimenziós, a folyamat kritikus exponensei helyesen megválasztott skála paraméter mellett nem függenek a rendszer dimenziójától⁶.

1. J. Kertész and T. Vicsek, Mat.Sci.Ser. Vol. 10 /Elsevier,
Amsterdam/ megjelenés alatt
2. T. Vicsek and J. Kertész, Monte Carlo renormalisation-group
approach to percolation on a continuum, test of
universality, J. Phys. A14, L31 /1981/
3. J. Kertész, T. Vicsek, Z. Physik B megjelenés alatt
4. J. Kertész, Percolation of holes between overlapping spheres
J. Physique 42, L393 /1981/
5. T. Vicsek, Random walks on bond percolation clusters: ac
hopping conductivity below the threshold, Z. Physik
B45, 153 /1981/
6. T. Vicsek, J. Kertész, J. Cserti, J. Phys. A megjelenés alatt

SZERKEZETKUTATÁSOK

SZERKEZETKUTATÁSOK

SZERKEZETKUTATÁSI EREDMÉNYEK A GYÁRTMÁNYFEJLESZTÉSBEN

Zsoldos L.

A Szerkezetkutatási Főosztály tevékenysége ma már úgyszólván teljes egészében intézetben belüli, vagy más intézményekkel kialakított hosszútávú együttműködések feladataihoz kapcsolódik. Ebben természetesen jelentős részt kapnak az OTTKT-hez tartozó alapozó kutatások is /pl. vékonyrétegek kialakulása, szilárd fázisu reakciók diffrakciós vizsgálata, stb./, amelyek csak áttételesen függnek össze jelenlegi konkrét fejlesztési feladatokkal, de a munka nagyobb része ténylegesen technológia-fejlesztési feladatok megoldása, vagy szorosan ezekhez tartozó szerkezetvizsgálat volt már az elmúlt néhány évben is. 1981-től kezdve a feladatok egy része integrálódott az országos középtávú kutatási-fejlesztési tervbe /OKKFT/. Ezek teljesítése ugyan a korábbinál körültekintőbben szervezett munkát igényel, de egyidejűleg lehetőséget biztosít munkánk hosszabb távú tervezésére és a vizsgálati eljárások tervszerű fejlesztésére.

Az alábbiakban először az OKKFT programokban való részvételünk főbb eredményeit vázoljuk, ezt követi a vállalatoknak átadott kutatási-fejlesztési eredmények felsorolása.

Az integrált áramkörök technológiájának fejlesztését a pásztázó elektronmikroszkóp laboratórium folyamatos ellenőrző és diagnosztizáló mérésekkel segíti. Ennek leglátványosabb eredményei a különféle eredetű maszkhibák és szakadások felderítése, de legalább ilyen fontosnak tartjuk pl. az ilyen célra kidolgozott gyors analíziseket pl. a P-Si arány beállításhoz a foszfor-szilikát-üvegekben, vagy fémezés és a szilícium közötti interdiffúzió megakadályozásához.

A szigetelő alapu áramkörök fejlesztése keretében a NiCr, TaN és NiP ellenállásrétegek szerkezetét, ill. szerkezetének változását vizsgáltuk a technológiai paraméterek függvényében. A folyadékkristály kijelzőkben alkalmazott amorf SiO_x rétegek vizsgálata azt mutatta, hogy a réteg irányítottóságának /oszlop szerkezetének/ döntő szerepe van a folyadékkristályok irányításában.

A nagynyomású gázkisülő lámpák perovszkit szerkezetű katód aktiváló anyagainak szilárd fázisu reakcióit vizsgálva közreműködtünk a külföldi lámpákban használtakkal hasonló minőségű anyagok gyártástechnológiájának megalapozásában /EIVRT/.

Sikeres együttműködésünk van az EIVRT-vel az ultranagyvákuumu elemek fejlesztése terén is. Az EIVRT által ezzel összefüggésben kifejlesztett szublimációs szivattyúval 10^{-10} mbar nyomást tudunk üzemszerűen elérni.

A mikrohullámu szűrőkben használt Y-Fe és Gd-Fe gránátok előszinterelése közben lejátszódó reakciókat vizsgálva a szinterelési technológia paramétereinek optimalizálásában vettünk részt a TÁKI megbízásából. A ferrit és gránát egykristályok növesztési technológiájának javítására pedig a növesztési körülmények, kristályhibák és mágneses tulajdonságok közötti kapcsolatot vizsgáltuk.

A vékonyréteg kutatásban korábban szerzett ismeretek hozzásegítettek a vékonyréteg ellenállások gyártásánál felmerült több probléma megoldásához. Így a REMIX felkérésére feltártuk a kerámia hordozón lévő ellenállások nedves terhelés közben bekövetkező degradációjának mechanizmusát és okát, megvalósítottuk a hordozók hőmérsékletének mérését a forgódobos ipari párologtatóban és az ellenállásrétegek vákuumos hőkezelésével az impulzus terhelés hatására lejátszódó szerkezet átalakulási folyamatokat tisztáztuk; megállapítottuk, hogy alkalmas védőréteggel a káros oxidáció megakadályozható.

Az MMG Automatika Művek részére kidolgoztuk az $\text{Al-Al}_2\text{O}_3$ vékonyréteg nedvességérzékelő elem készítésének technológiáját. Sikerült megoldást találnunk az öregedés hatásának ellensúlyozására is.

Folytattuk a töretfelületek Auger-electron spektroszkópiás vizsgálatát. A Vasipari Kutató Intézettel együttműködve az R6 gyorsacél melegalakíthatósága és a töretfelület kéntartalma közötti kapcsolatot vizsgáltuk és megállapítottuk, hogy a töret mentén a kén a karbidok felületén feldusul. Az Állami Energia- és Biztonságtechnikai Felügyelet megbízásából pedig gőz-korrózióval meghibásodott kazáncsővek törésekor felszabaduló gázokat elemezve, a töret felületen metánt mutattunk ki.

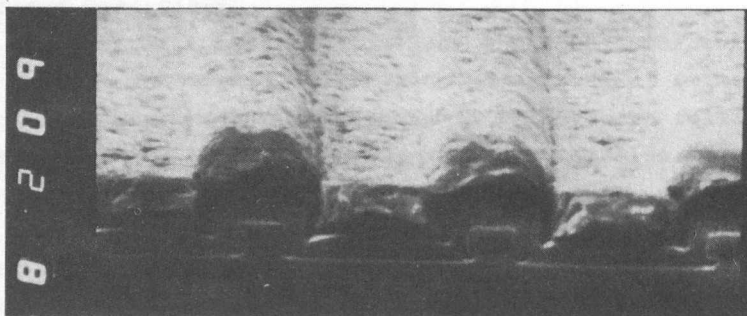
Feladatunk még a mérés technika fejlesztése is. E téren most a mérések automatizálására ill. az adatfeldolgozás javítására törekedtünk. Az eredmények között külön említést érdemel a nyalábszagatás bevezetése az energiadiszipperzív mikroanalízisben.

SI ALAPU ESZKÖZÖK PÁSZTÁZÓ ELEKTRONMIKROSKÓPOS VIZSGÁLATA

Tóth A., Vladár A., Lábár J., Koltai F.,
Vértessy A.,^x Sawicka D.,^x Fetter L.,^x Kormány T.^{xx}

A nagy bonyolultságu integrált áramkörök gyártásához kapcsolódó technológiai alapkisérletek, gyártásközi és gyártás utáni ellenőrző mérések nélkülözhetetlen eszköze a mikroanalitikai és mikroelektromos mérésekre is alkalmas pásztázó elektronmikroszkóp /PEM/.

A "hagyományos" domborzati kép segítségével is új típusú információt nyerhetünk, ha az IC töretekét szelektív maratással előkészítjük, láthatóvá téve ezáltal az alkotó planár tranzisztorok rétegszerkezetét /1.ábra/.



1.ábra

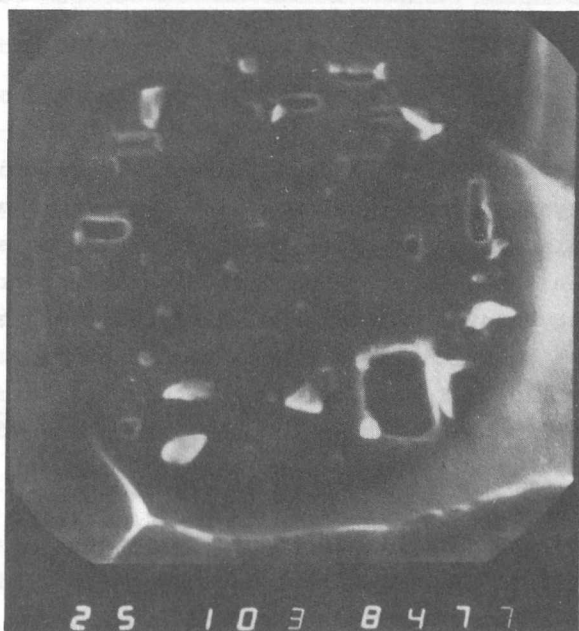
Teszt IC metszeti képe

^x Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet

^{xx} Távközlési Kutató Intézet

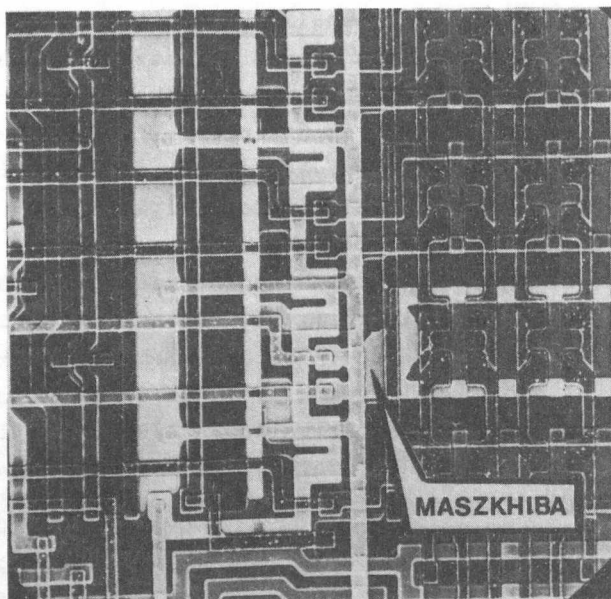
A morfológia és a mikroanalízis együttes alkalmazásával vizsgáltuk az Al-Si integrált áramköri fémzés tulajdonságait⁴. Sekély p-n átmenetekkel rendelkező eszközök esetén hagyományos Al fémzést alkalmazva az Al és Si interdiffúzió hatására megnő a kontaktusellenállás, a szivárgási áram, és rövidzár is létrejöhet. A leggyakrabban alkalmazott eljárás ennek kiküszöbölésére Si adalékolása az Al rétegbe.

A rétegösszetétel mélységi homogenitását hullámhosszdiszperziv mikroanalízissel ellenőriztük, hőkezelés előtt és után. A fémrétegek eltávolítása után pásztázó elektronmikroszkóppal tanulmányoztuk az ötvözési nyomok jellegét és eloszlását, valamint a felületen visszamaradó kiválásokat /2.ábra/. A vizsgálatok kimutatták, hogy 1% Si adalékolása az Al rétegbe megszünteti az ötvöződési effektus káros következményeit, javul a kontaktusellenállás és csökken a szivárgási áram.



2.ábra

Hagyományos Al fémzés beötvöződése kontaktusablakon. A kép az Al eltávolítása után készült, láthatók a beötvöződési gödrök, valamint a szilicid maradványok.



3. ábra

Maszkhiba potenciálkontrasztos kimutatása

Mind diszkrét, mind integrált áramkörök gyártásánál előfordulnak olyan technológiai lépések, melyeknél az anyagban rácshibák keletkezhetnek. Ezek közül az elektromosan aktív hibák különösen károsan hatnak az eszköz paramétereire. Lokalizálásuk a hagyományos módszerekkel nehézkes, és nem szelektív az elektromos aktivitásra. A PEM elektronsugár indukálta vezetőképeség /EBIC/ mérése ezzel szemben magán az eszközön végezhető, és mivel a hibákat mint fokozott rekombinációjú helyeket érzékeli, csak a kritikus helyen levő elektromosan aktív hibákra érzékeny.

A mérési technika kidolgozása^{1,2} és a kontrasztmechanizmus kvantitatív tisztázása³ után mind p-n átmenetek⁵, mind Schottky⁶ átmenetek esetében sikerült a működési paraméterek romlása /szivárgási áram növekedés/ és az aktív diszlokációk száma között összefüggést találni.

Az LSI áramkörök hibaanaliziséhez pótolhatatlan segítséget nyújt a PEM potenciálkontraszt üzemmódja. Külső elektromos méréssel ugyanis csak a hiba hozzávetőleges helyét lehet megadni, a tűs mérést pedig a nagy elemsűrűség teszi reménytelenné. A PEM potenciálkontraszt, vagyis a szekunder elektronemisszió irányának és energiaspektrumának függése a gerjesztett pont lokális potenciáljától, képes egy LSI áramkör akár egyetlen tranzisztorán a feszültség és annak időbeli változásának észlelésére és mérésére. A potenciálviszonyok térbeli eloszlása pedig szakadások, zárlatok és maszkhibák meghatározását⁷ teszi lehetővé /3. ábra/.

1. A.L. Tóth, A.E.Vladár,
Scanning, megjelenés alatt
2. A.L. Tóth, J.Lábár, megjelenés alatt
3. A.L. Tóth
Measurement of EBIC contrast and resolution of dislocations
in silicon,
Inst.Phys.Conf.Ser.No.60. p. 221 /1981/
4. Sawicka D., Vértessy A., Tóth A.L., megjelenés alatt
5. Vértessy A., Vladár A., megjelenés alatt
6. Fetter L., Tóth A.L., Kormány T., megjelenés alatt
7. Vladár A., megjelenés alatt

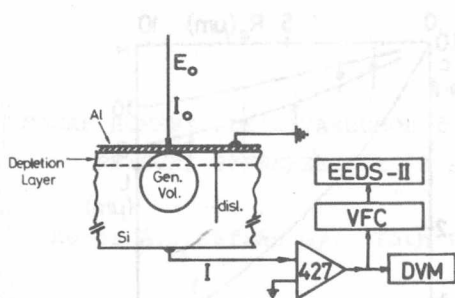
DISZLOKÁCIÓK EBIC KONTRASZTJÁNAK ÉS FELBONTÁSÁNAK MÉRÉSE SI SCHOTTKY DIÓDÁKON

Tóth Attila

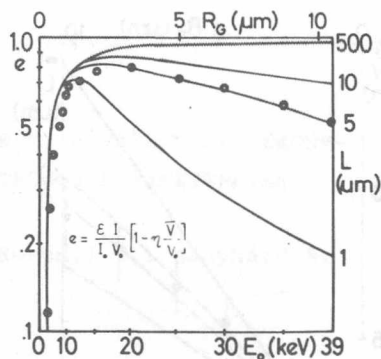
Mivel a félvezető eszközök minőségét nagymértékben befolyásolják a kristályhibák, ezek lokalizálása, valamint esetleges elektromos aktivitásának mérése lényeges a gyakorlat szempontjából. E feladat jól megoldható a PEM EBIC /pásztázó elektronmikroszkóp, elektronsugár indukálta vezetőképesség/ üzemmódjának használatával, ahol az elektromosan aktiv kristályhibák mint fokozott rekombinációju helyek jelennek meg.

Több cikk foglalkozott precipitációk, diszlokációk, rétegződési hibák és stria vonalak megfigyelésével ily módon, ezek legtöbbje azonban kvalitatív jellegű volt. Talán ez magyarázza, hogy az EBIC kontrasztmechanizmusára csak az utóbbiakban születtek modellek^{1,2}, és számítógépes szimulációk konkrét hibatípusokra³. Méréseink a felületre merőlegesen kifutó diszlokációk EBIC kontrasztját és az EBIC kép felbontását adják meg kvantitatív, a számítógépes szimulációval összehasonlítható formában⁴.

A méréseket p típusu Si hordozóra /200 Ohm.cm, 10^4 diszl.cm⁻²/ párologtatott Al fémezésű Schottky diódákon végeztük. A nagyenergiájú elektronsugár /15-39 keV/ áthatol a fémezésen és elektron/lyuk párokat kelt az anyagban. Ezeket a dióda kiüritett rétegének elektromos tere szétválasztja és felgyűjti. Az így keletkező áramot az Keithley 427 áramerősítőn át vagy a JSM-35 PEM képernyőjén jelenítjük meg EBIC kép formájában, vagy egy feszültség/frekvencia konverter segítségével digitális vonalprofilként tároljuk az ORTEC EEDS-II analízátor adatmemóriájában kvantitatív kiértékelés céljából⁵ /1. ábra/.



1. ábra: Az EBIC mérés vázlatos elrendezése



2. ábra: Az "e" EBIC gyűjtési határfok mint az elektron-sugár E_0 energiájának függvénye

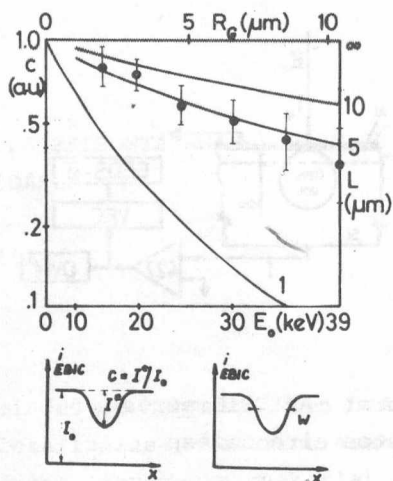
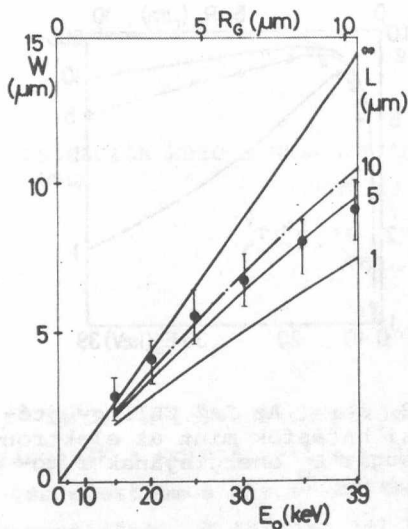
Az eredmények azonosításához szükség volt a kisebbségi töltéshordozók diffúziós hosszának L meghatározására az anyagban. Ezt közvetett módon, a Schottky dióda diszlokációmentes területén mért gyűjtési határfokának e mérésével végeztük el. A számított görbékkel⁶ történő összehasonlítás /2. ábra/ $L = 5 \mu\text{m}$ értéket adott.

A különböző energiájú elektronokkal mért kontraszt és felbontás értékeket a diszlokáció metszéspontjára merőlegesen végzett digitális vonalprofil mérések kiértékeléséből kaptuk /3. ábra/.

Jó egyezést állapíthatunk meg a mért pontok és a számítógéppel szimulált görbék között az előzőleg kapott $L = 5 \mu\text{m}$ értékre.

Méréseink alátámasztják Donolato modelljét az EBIC kontraszt és felbontás energiafüggésére, másrészt lehetővé teszik ismeretlen rekombinációs centrumok geometriai sajátosságainak megállapítását /ponthiba, diszlokáció stb./ tömbanyagokon végzett EBIC mérésekből.





3. ábra

Diszlokáció EBIC leképezésének kontraszt c és felbontás w mérése az elektronsugár E_0 energiájának függvényében.

1. C. Donolato, On the theory of SEM charge-collection imaging of localized defects in semiconductors, *Optik* 52, 19 /1978/
2. L. Pasemann, A contribution to the theory of the EBIC contrast of lattice defects in semiconductors, *Ultra-microscopy* 6, 237 /1981/
3. C. Donolato, Contrast and resolution of SEM charge-collection images of dislocations, *Appl.Phys.Lett.* 34, 80 /1979/
4. A.L. Tóth, Measurement of EBIC contrast and resolution of dislocations in silicon, *Inst.Phys.Conf.Ser.No.60*, p. 221 /1981/
5. A.L. Tóth, A.E. Vladár, Scanning, megjelenés alatt
6. C.J. Wu, D.B. Wittry, Investigation of minority-carrier diffusion length by electron bombardment of Schottky barriers, *J.Appl.Phys.* 49, 2827 /1978/

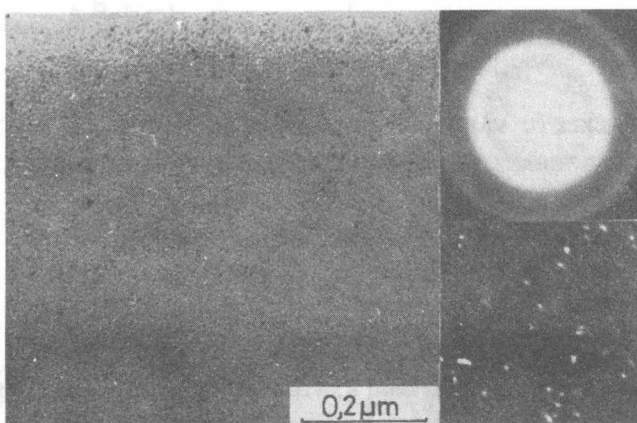
MAGAS HŐMÉRSÉKLETŰ VÁKUUMOS HŐKEZELÉS HATÁSA NiCr VÉKONY- RÉTEGEK SZERKEZETÉRE ÉS ELEKTROMOS PARAMÉTEREIRE

Barna Á., Sáfrán Gy., Tóth L., Korányi T., Menyhárd M.

Az elektronikai iparban széles körben használt NiCr vékonyréteg ellenállásokkal szemben a felhasználók egyre nagyobb követelményeket támasztanak; a minőség és a stabilitás csak a vékonyrétegekben lezajló fizikai-kémiai folyamatok jobb megismerése útján javítható. A REMIX Rádiótechnikai Vállalattal kötött 1981. évi kutatási szerződés keretében megvizsgáltuk a vákuumos hőkezelés hatását párologtatott NiCr ellenállásrétegekre. A jelen közleményben ismertetett kísérletek az ellenállások szélsőségesen nagy terhelésre - például impulzustérhelésre - bekövetkező változásait modellezik.

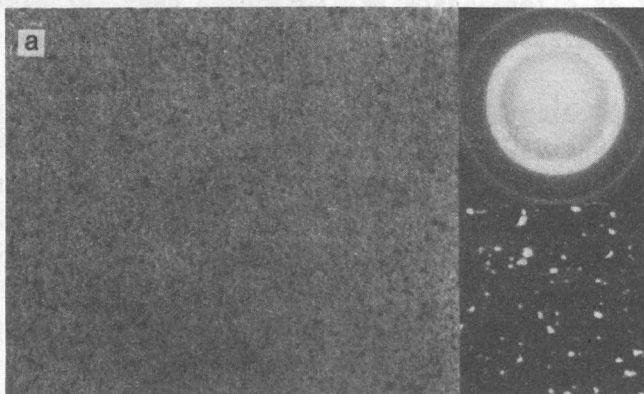
Flash-párologtatással készített NiCr 50/50 vékonyrétegeket hőkezeltünk vákuumban $/2 \cdot 10^{-4}$ Pa/ kvarcüveg- és SiO_x réteghordozón. Az előbbin a rétegek ellenállását és annak hőmérsékleti együtthatóját /TCR/ mértük, valamint AES mélységi analízist végeztünk, az utóbbin a rétegek szerkezetváltozásait követtük transzmissziós elektronmikroszkóppal. A 10 nm vastag rétegek egy részét lefedtük egy 15 nm vastag SiO_x réteggel.

Mint az 1. táblázatból kitűnik, a fedetlenül hőkezelt rétegek egyre inkább fémes jellegű vezetést mutatnak, ezzel szemben a lefedett rétegek ellenállása és TCR-je viszonylag keveset változik.



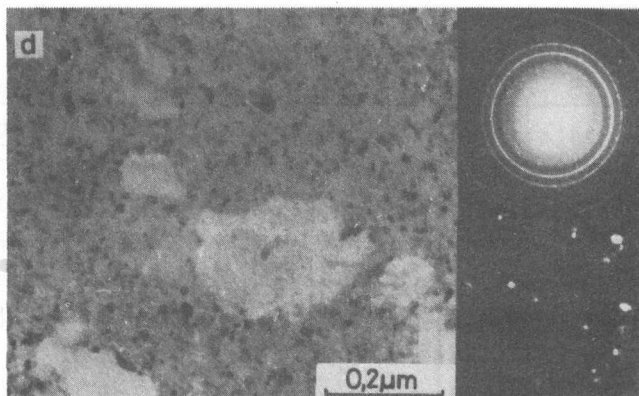
1. ábra

NiCr réteg hőkezelés előtt / O állapot / Világos látótér /bal/, diffrakciós kép és sötét látótér /jobb/.



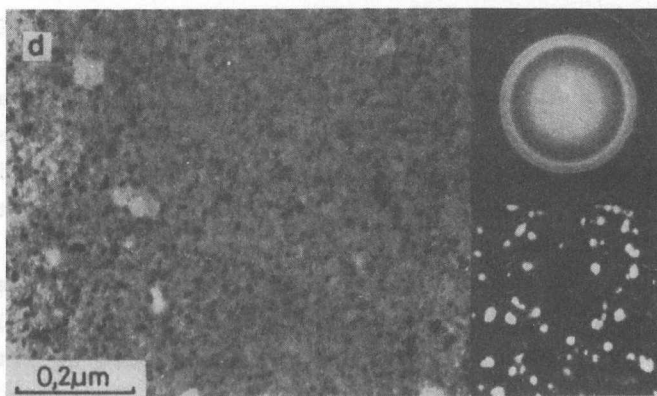
2. ábra

620 K/10 min hőkezelés után a fedetlen és a SiO_x réteggel lefedett NiCr réteg azonos módon változott /a állapot/.



3. ábra

Fedetlenül hőkezelt NiCr réteg /d állapot/.



4. ábra

SiO_x fedőréteggel hőkezelt NiCr réteg /d állapot/.

A hőkezelés és az elektromos mérések adatai

Állapot	Hőkezelés	Fedetlen réteg		Fedett réteg	
		$\Delta R/R_0$ [%]	TCR [ppm/K]	$\Delta R/R_0$ [%]	TCR [ppm/K]
o	-	0	- 25	0	- 25
a	620 K/10 min	- 1.5	- 10	- 5.0	- 10
b	760 K/17 min	+ 3.0	+ 70	-15.0	+ 45
c	760 K/54 min	-20.5	625	-17.0	60
d	820 K/17 min	-41.0	1340	-19.5	70

A hőkezeletlen réteg diffrakció alapján amorf szerkezetet mutatott /1. ábra/, amely megfelel a párologtatás alatti 400 K hordozóhőmérsékletnek. A réteg összetétele a mélység mentén egyenletes volt, a főkomponenseken kívül kis mennyiségű oxigént és szenet mutatott az AES-analízis. A hőkezelés során végbe-
menő szerkezetváltozásokat a 2-4. ábrák mutatják. A fedetlen rétegek Ni szerkezetet mutató kristályos /szilárd oldat-/ fázisba alakulnak át /a/, majd megjelenik egy amorf fázis /b, c-állapot/, amely az AES mélységi analízis alapján a réteg felszínén kialakuló krómoxiddal azonosítható. A rétegnek a hordozóval szomszédos része ugyanakkor feldusul Ni-ben, amely magyarázza a fémes jellegűvé váló vezetést. További hőkezelés hatására az amorf oxidból kristályos Cr_2O_3 képződik és laterális anyagvándorlás is megfigyelhető /3. ábra/. A lefedett rétegekben még 860 K hőkezelés után sem találtunk oxidfázist, az AES mélységi profil is homogén maradt. Megfigyelhető volt viszont a Cr- és Ni-szilárd oldat fázisok szétválása az egyensúlyi fázisdiagrammnak megfelelően /4. ábra/.

Összefoglalásul megállapítható, hogy a vizsgált hőfoktartományban a vákuumos hőkezelés domináns jelensége a Cr szelektív oxidációja, amely végső soron mélységi fázisszétváláshoz és

az elektromos paraméterek katasztrofális romlásához vezet. Ez a folyamat lényegében megszüntethető alkalmas védőréteg alkalmazásával, amelynek hatása kettős:

- meggátolja az oxigén bejutását a rétegbe, ezzel állandósítja a rendszer összetételét, s így a lejátszódó folyamatok hajtóereje egyetlen definiált egyensúlyi állapot felé mutat. Ez a célállapot természetesen függ a réteg előállításának körülményeitől.
- a felületi diffúzió akadályozásával kinetikusan is lassítja a rétegen belüli szerkezetváltozásokat.

1. L. Tóth, Á. Barna, G. Sáfrán, M. Menyhárd, T. Korányi,

Vacuum TAIP /megjelenés alatt/.

KÉMIAI UTON LEVÁLASZTOTT NIKKEL-FOSZFOR ELLENÁLLÁSRETEGEK

HŐKEZELÉSE

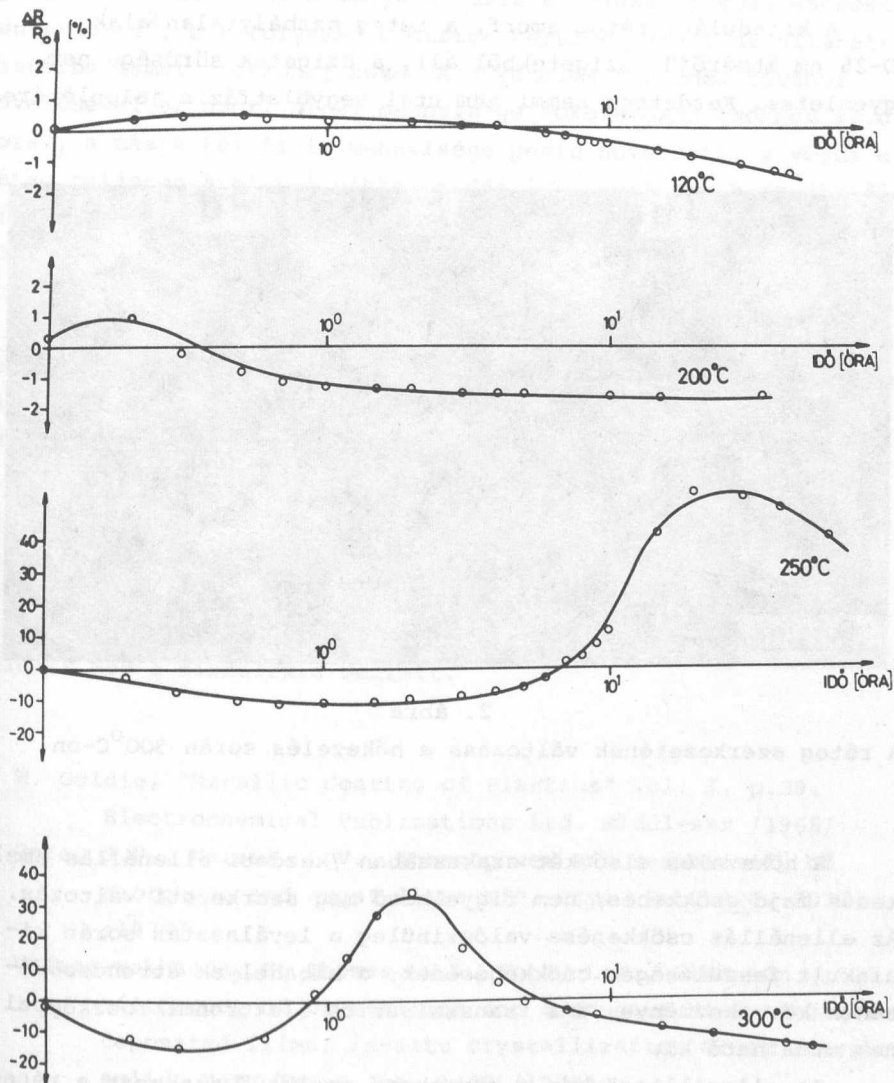
Besenyei Gáborné^x, Zsoldos Béla^x, Geszti Tamásné

Az autokatalitikus kémiai redukciót vékonyréteg ellenállások előállítására az utóbbi tíz évben kezdték el alkalmazni. Ellenállás anyagként elsősorban a magas $>7\%$ foszfortartalmu nikkelötvözetek használhatók, mivel ezek amorf szerkezetük miatt viszonylag nagy ellenállásuak, a hőmérsékleti koefficiensük kicsi. Ez az eljárás a vákuumtechnikai módszerekkel összehasonlítva kedvezőbb, mivel nem igényel költséges vákuumberendezést, a fémleválasztás oldatból történik előzetesen aktivált hordozó felületére¹. Mivel ellenállások előállítására csak rövid ideje alkalmazzák, kevés adat található az ily módon készített ellenállások tulajdonságairól, alkalmazási lehetőségeiről.

Vékonyréteg-ellenállások jellemzésére az elektromos terhelés és hőkezelés hatására létrejövő változásokat szokták mérni. Vizsgálataink során különböző hőmérsékleten $150, 200, 250$ és 300°C-on különböző ideig hőkezeltük az ellenállásokat és folyamatosan mértük a hőkezelés során tapasztalható ellenállásváltozást /1. ábra/. A különböző hőmérsékleten végzett hőkezelések során kapott görbék összehasonlításából látható, hogy a hőkezelés hatására létrejövő változások jellege hasonló.

A görbe különböző szakaszainak megfelelő folyamatok tanulmányozására különböző ideig hőkezelt mintákat transzmissziós elektronmikroszkóppal vizsgáltuk. A réteget 45 sec alatt választottuk le Pt-rostélyra párologtatott SiO_x -hordozóra /a felvételek a 2. ábrán láthatók/.

x Hiradástechnikai Ipari Kutató Intézet /HIKI/

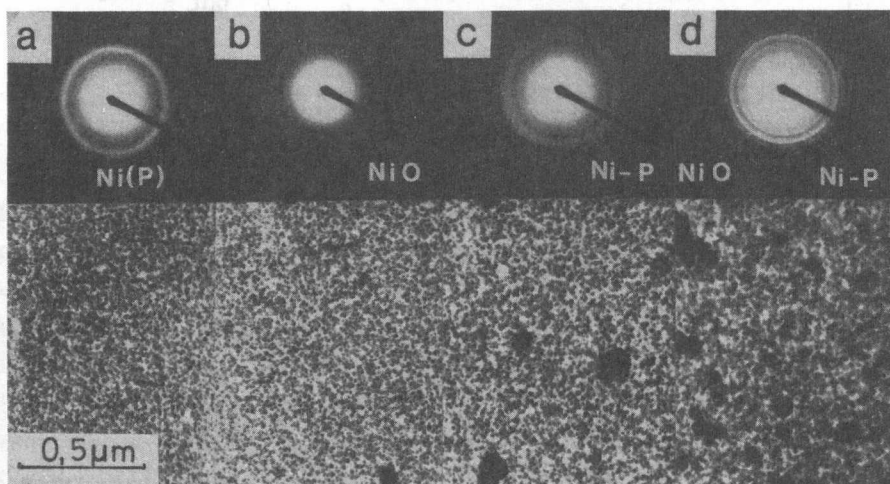


1. ábra

A rétegek ellenállásának változása a hőkezelés folyamán

A transzmissziós és elektrondiffrakciós felvételek alapján a hőkezelési görbe különböző szakaszain lezajló folyamatokat azonosítani lehetett.

A kiindulási réteg amorf, a réteg szabálytalan alakú, 20-25 nm átmérőjű szigetekből áll, a szigetek sűrűsége nem egyenletes. Kezdetben semmi sem utal vegyületfázis jelenlétére.



2. ábra

A réteg szerkezetének változása a hőkezelés során 300°C-on

A hőkezelés első két szakaszában /kezdeti ellenállás emelkedés majd csökkenés/ nem figyelhető meg szerkezeti változás. Az ellenállás csökkenése valószínűleg a leválasztás során kialakult feszültségek csökkenésének, a hibahelyek átrendeződésének következménye, ami transzmissziós elektronmikroszkóppal nem mutatható ki.

Az ellenállásgörbén a következő emelkedő szakaszt a réteg oxidálódása okozza /2.b ábra/. A réteg továbbra is szigetes szerkezetű, de részben oxidálódott. Ezt a diffrakciós felvételeken az oxidfázis megjelenése mutatja. A diffrakciós felvételeken még egy harmadik fázisra utaló halvány, pontozott

reflexió-rendszer is megjelenik. Ez azt mutatja, hogy az oxidáció mellett megindul egy másik folyamat is, Ni-P kristályos vegyületfázis kiválása. A vegyületfázis kiválása ellenálláscsökkenést okoz², s e folyamat előtérbe kerülése miatt az ellenállásgörbe ismét csökkenni kezd. A hőkezelés idejének további növelésével az amorf Ni(P) mennyisége fokozatosan csökken /2.c ábra/, a másik két fázis mennyisége pedig növekszik, s végül a réteg teljesen átalakul nikkelloxiddá és a korábban harmadik fázisként megjelent kristályos fázissá /2.d ábra/. Az ellenállásgörbén ez a folyamat az ellenállás csökkenésének lassulásában mutatkozik meg.

A kialakult kristályos fázis összetétele a pontozott, tehát kevés, nagyobb szemcseméretű kristályra utaló, gyűrűkből kapott rácsállandók alapján nem határozható meg egyértelműen, mivel a különböző összetételű Ni-P vegyületek^{3,4} /pl. Ni_3P , Ni_5P_2 , Ni_7P_3 stb./rácsállandói az elektrondiffrakció pontatlanságát figyelembe véve nagyon közel esnek egymáshoz. Hasonló módon előállított rétegek vákuumban végzett hőkezelése során Ni_3P és Ni_5P_2 egykristályokat mutattunk ki. Ennek alapján valószínűsíthető, hogy levegőn végzett hőkezeléskor is ez a két fázis jelenik meg a nikkelloxid mellett.

1. W. Goldie, "Metallic Coating of Plastics" Vol. I. p.39. Electrochemical Publications Ltd. Middlesex /1968/
2. Cote, J.P., Meisel, L.V., Thermopower and resistivity of amorphous and crystalline NiP, Phys. Rev. B20, 3030 /1979/
3. Vafaei-Makhsoos, E., Thomas, E.L., Toth, L.E., Electron microscopy of crystalline and amorphous Ni-P electrodeposited films: in-situ crystallization of an amorphous solid, Met. Trans. 9A, 1449 /1978/
4. Vafaei-Makhsoos, E., Electron diffraction study of newly discovered nickel phosphides in partially crystallized amorphous electrodeposited Ni-P thin films, J.Appl. Phys. 51, 6366 /1980/

OXIDÁLT ALUMINIUM VÉKONYRÉTEGEK ELEKTRONMIKROSKÓPOS ÉS
ELLIPSZOMETRIAI VIZSGÁLATA

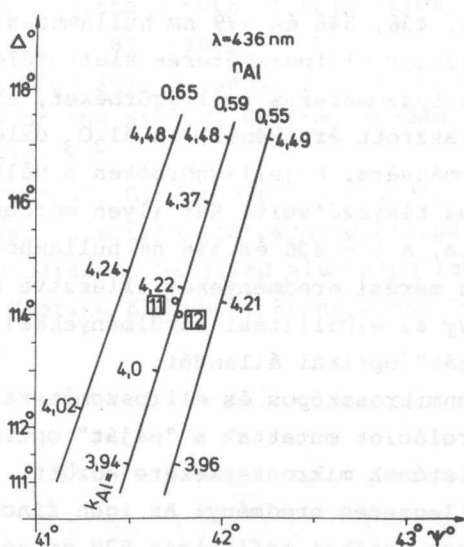
Barna Péter, Bodó Zalán, Gergely György, Ádám János,^x
Jakab Péter^x

Az Al vékonyrétegeket széles körben alkalmazzák a félvezető eszközöknél, a vákuumtechnika, az optika, stb. számos területén. Az EIVRT Kutató Intézetével együttműködve vizsgálatokat végeztünk Al, továbbá oxidált Al vékonyrétegeken, az optikai tulajdonságok és a vékonyrétegek szerkezete közötti összefüggések feltárása céljából. Al vékonyrétegek szerkezetvizsgálatairól számos közleményben számoltunk be a legutóbbi években, itt csupán egy összefoglaló munkára utalunk¹. Régebbi könyvünkben² a Si-SiO₂ rendszer ellipszométeres méréseihez publikáltunk táblázatokat. Az ott kidolgozott számítógépes programot most oxidált Al rétegek ellipszométeres vizsgálataihoz fejlesztettük tovább.

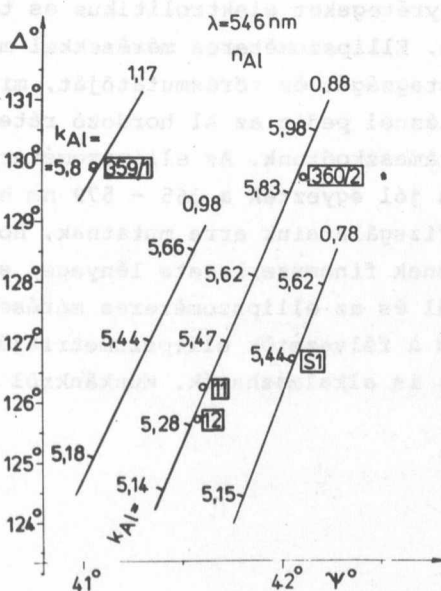
Az Al ellipszométeres és egyéb vizsgálatainál azonban nehézséget jelent, hogy a vonatkozó irodalomban minden szerző más optikai állandókat alkalmazott az alumíniumra³. Felmerült tehát a kérdés, milyen optikai állandók érvényesek a vékonyrétegekre és milyen összefüggést mutatnak az optikai állandók a rétegek szerkezetével?

Al vékonyrétegeket UHV-ban párologtatva hasított csillám, továbbá üveg hordozókon állítottunk elő, különböző készítési paraméterek beállításával. A frissen előállított Al rétegeket a vákuumrendszerből kivéve, azokon 1-3 nm vastag Al₂O₃ filmek keletkeznek, melyek a további oxidációt gátolják. Az ellipszométeres módszer alkalmas a hordozó Al optikai állandóinak meghatározására is.

^xEIVRT Kutató Intézete



1. ábra



2. ábra

A frissen elkészített Al rétegeken ellipszométeres méréseket végeztünk a 365, 436, 546 és 579 nm hullámhosszu Hg vonalakkal. Az Al-Al₂O₃ rendszer ellipszométeres kiértékeléséhez elkészítettük a ψ - Δ ellipszométeres jelleggörbéket, az n_{Al} törésmutató néhány kiválasztott értékénél, az Al₂O₃ oxidrétegek 1-3 nm vastagság tartományára. A jelleggörbéken a változó paraméter a k_{Al} extinkciós tényező volt. Két ilyen görbesereget mutat az 1. és 2. ábra, a $\lambda = 436$ és 546 nm hullámhosszaknál. Az ellipszométeres mérési eredményeket illesztve a jelleggörbékhez kitűnt, hogy az előállítási körülményekkel változtak az Al rétegek "saját" optikai állandói.

Az elektronmikroszkópos és ellipszométeres vizsgálatok eredményei korrelációt mutattak a "saját" optikai állandók és a rétegek felületének mikroszerkezete között.

Néhány jellegzetes eredmény: Az igen finom felületi szerkezetű Al rétegek optikai reflexiója 579 nm-nél 0,895 volt, a durva szerkezetű rétegé 0,735. Az $n_{\text{Al}} = 0,78$ -ról 1,17-re, a $k_{\text{Al}} = 5,44$ -ről 5,99-re változott $\lambda = 546$ nm-nél. Ezek az értékek beleesnek az irodalomban közölt érték-tartományba.

Az Al vékonyrétegeket elektrolitikus és termikus oxidálásnak vetettük alá. Ellipszométeres mérésekkel meghatároztuk az oxid rétegek vastagságát és törésmutatóját, mind a 4 Hg vonalnál. A kiértékelésnél pedig az Al hordozó rétegek "saját" optikai állandóira támaszkodtunk. Az ellipszométeres mérési eredmények meglepően jól egyeztek a 365 - 579 nm hullámhossz-tartományban. Vizsgálataink arra mutatnak, hogy az Al vékonyrétegek felületének finomszerkezete lényeges szerepet játszik a fény szórásánál és az ellipszométeres méréseknél. Ilyen jelenségek azonban a félvezetők ellipszometriájánál is fellépnek, eredményeink ott is alkalmazhatók. Munkánkról részletes közlemény készül³.

1. P.B. Barna, Á. Barna, Z. Paál, Surface chemical phenomena influencing the growth of thin films, Acta Phys. Hung. 49, 77-85 /1980/
2. G. Gergely, G. Forgács, B. Szűcs, D. Van Phouc, Ellipsometric Tables of the Si-SiO₂ System. Akadémiai Kiadó, Bp. 1971.
3. P.B. Barna, Z. Bodó, G. Gergely, D. Szigethy, J. Ádám, P. Jakab, Electron microscopic, ellipsometric and SIMS studies on oxidized aluminium layers, Proc. 2nd Joint Meeting ELFT-ÖGV, Brunn/Wien, October 27-29. 1981/.

SZENNYEZŐK R6 GYORSACÉL MELEGALAKITHATÓSÁGÁRA GYAKOROLT HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Gergely György, Menyhárd Miklós, Szilvásy Csaba^x

A Vasipari Kutató Intézettel együttműködésben foglalkoztunk egyes nyomszennyezőknek az R6 gyorsacél /MSz 4351/ melegalakithatóságára és törésére gyakorolt hatásaival. A Vasipari Kutató Intézet átfogó vizsgálatok keretében tanulmányozta a különböző anyagi jellemzők /ötvözők, szennyezők, karbidok, zárványok, szemcseméret stb./ hatását az R6 gyorsacél melegalakithatóságára. A vizsgálatok során kitűnt, hogy egyéb paraméterek mellett /karbid méret, forma/ néhány szennyező /igy pl. a S, Sb/ tömbi koncentrációja erős korrelációt mutat az f melegalakithatósággal. Az f regressziós kapcsolatát vizsgálva az R6 nyomszennyezőivel az r korrelációs együtthatókra /indexben S = kén P = foszfor/

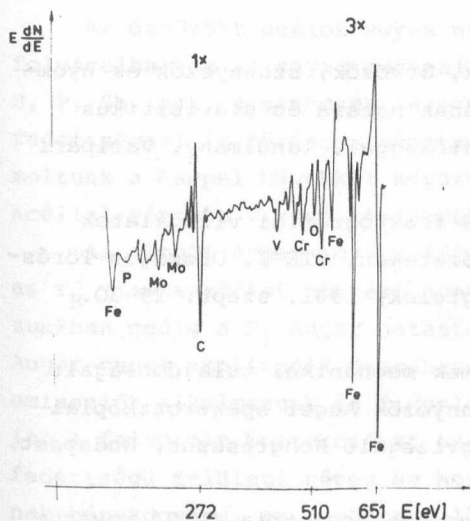
$r_S = -0,813; \quad r_P = -0,267$ és $|r_{SP}| > |r_S| + |r_P|$
adódott¹.

A vizsgált mintákban az S tömbi koncentrációja $\leq 0,014$ s%, a P koncentrációja $\leq 0,022$ s% volt, az Sn ≤ 200 ppm. Ezek a nyomszennyezők az acélok törékenységénél is lényeges szerepet játszanak².

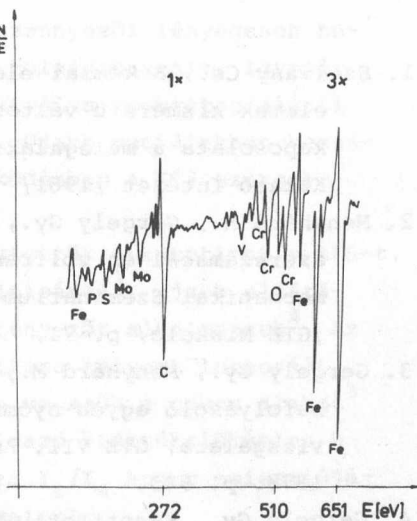
Munkánk a szennyezők törésre gyakorolt hatására korlátozódott, különös tekintettel a kénre és foszforra, melyek viszonylag nagyobb koncentrációkban fordultak elő egyes mintákban.

^xVasipari Kutató Intézet

A törési tulajdonságok feltárására AES fraktográfiát alkalmaztunk^{2,3}. A törést 10^{-8} Pa ultravákuumban végeztük, az AES vizsgálatok után a töretekéről SEM felvételeket készítettünk. Az 1. és 2. ábrák két lényegesen eltérő S tartalmu minta Auger spektrumát mutatják:



1. ábra



2. ábra

R6 minta Auger spektruma. A tömbi elemzés szerint: C=0,87; Cr=3,8; S=0,005; P=0,022 s%. A törési felületen mért feldusulások: P=59x; S < AES ki-mutatási határ.

R6 minta Auger spektruma. A tömbi elemzés szerint: C=0,849; Cr=4,22; S=0,014; P=0,019 s%. A törési felületen mért feldusulások: S=64x; P=52x.

Az AES spektrumok kiértékelésénél saját összehasonlító mintáinkat és korrekciós eljárásunkat alkalmaztuk⁴.

Az AES vizsgálatok főbb eredményei:

- A töretek S koncentrációja korrelációt mutat a minták tömbi S koncentrációjával: 0,014 s% tömbi koncentráció 1-3 nm

- vékony felületi rétegben 64x dusult fel, amit ionmarásos AES mélységi feltérképezéssel mutattuk ki.
- A P is erős feldusulást mutat ugyanezen felületi rétegben.
 - A -150°C - $+250^{\circ}\text{C}$ törési hőmérséklet tartományban szemcsehatár törést nem észleltünk. A törés mélyhőmérsékleten hasadásos, fokozatosan szivós típusúvá válik a hőmérséklet növelésével.
 - A töretek jelentős karbid feldusulást mutattak. A törési ut a karbidokon alakul ki, amelyeken a P és S szennyezők is feldusulnak⁵.
1. Szilvássy Cs., A kémiai elemek, ötvözők, szennyezők és nyom-elemek kisméretű változásának hatása és statisztikus kapcsolata a melegalakithatósággal. Tanulmány. Vasipari Kutató Intézet /1981/
 2. Menyhárd M., Gergely Gy., AES fraktográfiai vizsgálatok szerszámacél és volfram töreteken, GTE I. Országos Törésmechanikai Szeminárium Aggtelek, 1981. szept. 29-30. /GTE Miskolc/ p. 71.
 3. Gergely Gy., Menyhárd M., Fémek mechanikai tulajdonságait befolyásoló egyes nyomszennyezők Auger spektroszkópiai vizsgálata, GTE VII. Anyagvizsgáló Kongresszus, Budapest, 1978. p. 943.
 4. Gergely Gy., Kvantitatív Auger spektrometria /AES/ továbbfejlesztése acélok törési vizsgálatai céljára, MFKI '81 Évkönyv, p. 135
 5. G. Gergely, M. Menyhárd, Zs. Szász Csih, Some notes on Auger electron spectroscopic studies on fracture surfaces of tool steel, Crystal Research and Technology 16 K 13/1981.

KVANTITATIV AUGER SPEKTROMETRIA /AES/ TOVÁBBFEJLESZTÉSE ACÉLOK TÖRÉSI VIZSGÁLATAI CÉLJÁRA

Gergely György

Az ötvözött acélok egyes nyomszennyezői lényegesen befolyásolhatják az anyag mechanikai tulajdonságait. Így pl. S, P, Sb, stb. a szemcsehatárokon kiválva monoréteg alatti fedettséggel is töréshez vezethet¹. Ujabb munkáinkban beszámoltunk a Csepel Művekkel együttműködésben a Kl3 szerszámacéllal végzett vizsgálatainkról².

Az elmúlt évben tovább fejlesztettük a kvantitativ AES-t, az r_B visszaszórási tényező pontosításával³, újabb eljárásunkban pedig a P_i Auger hatásfok tényezőt alkalmazzuk⁴. Az Auger csucs amplitudók összehasonlítása helyett integrált emissziót alkalmazunk és figyelembe vesszük a csucs alakot⁵ is. A felsorolt korrekciókat tartalmazó kiértékelőképlet θ fedettségű felületi réteg és hordozó I_i/I_s Auger emissziójának hányadosára, az 1. ábra jelöléseivel:

$$\frac{I_i(\Delta E_{hi})^2 \cdot p_{ss}}{I_s(\Delta E_{hs})^2 \cdot p_{si}} = \frac{P_i}{P_s} \frac{r_{Bi}}{r_{Bs}} \frac{\theta(1-K_s)}{(1-\theta+K_i)} \frac{E_i}{E_s}$$

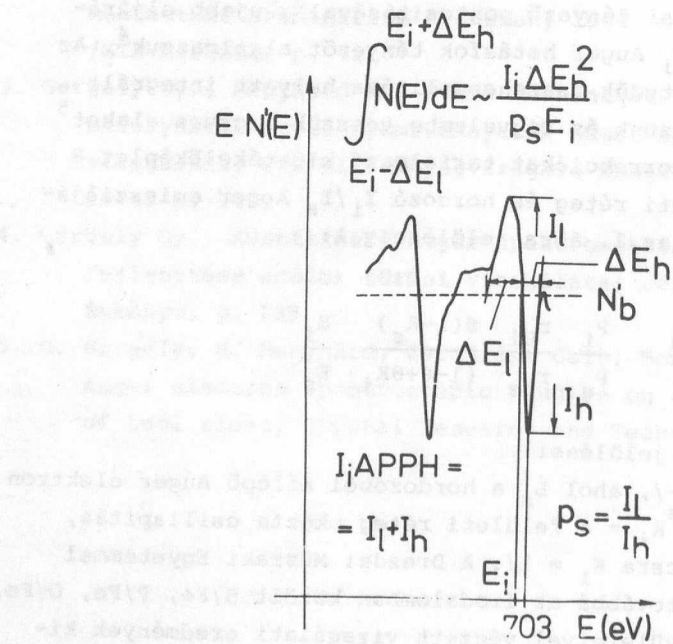
A képlet további jelölései:

$K_s = \exp\left[-\frac{1}{0,74L_s}\right]$, ahol L_s a hordozóból kilépő Auger elektron szabad uthossza, K_i = a felületi réteg okozta csillapítás, /a Fe 703 eV csucsra $K_i = 1/$. A Drezdai Műszaki Egyetemmel közös munkánk⁶, továbbá az irodalomban közölt S/Fe, P/Fe, O/Fe, O/Ni és ezek vegyületeivel végzett vizsgálati eredmények kiértékeléséből nyert P_i értékeket az 1. táblázat foglalja össze.

A táblázat a 3 keV energiánál mért σ_i ionizációs hatáskeresztmetszeteket is megadja a P_i értékek felhasználásával.

1. táblázat

Elem	P_i	σ_i [cm ²]
Fe	1	$2,8 \times 10^{-20}$
S	48	16×10^{-20}
P	40	19×10^{-20}
O	3,35	$4,6 \times 10^{-20}$
Cr	2	$3,6 \times 10^{-20}$
Ni	1,4	$2,1 \times 10^{-20}$



1. ábra

A P_i hatások tényezőik vékony S,P vagy oxid rétegek esetén lényegesen megbízhatóbb AES kiértékelést eredményeznek, mint a szokványos Palmberg féle érzékenységi tényezők alkalmazása.

Az AES továbbá a veszteségi spektrometria kvantitatívításának további javítása érhető el a rugalmas csucs spektrometria /elastic peak electron spectroscopy/ felhasználásával⁶.

1. Menyhárd M., Gergely Gy., AES fraktográfiai vizsgálatok szer-
számacél és volfram töreteken, GTE I. Országos Törés-
mechanikai Szeminárium, 1981. p. 71.
2. G. Gergely, M. Menyhárd, Zs. Szász Csih, Some notes on Auger
electron spectroscopic studies on fracture surfaces of
tool steel, Crystal Research and Technology 16, K13-
/1981/
3. G. Gergely, B. Gruzza, M. Menyhárd, Backscattering spectra
of medium energy electrons, Acta Phys. Hung. 48 337
/1980/
4. G. Gergely, Some problems of quantitative AES in fractography,
Acta Phys. Hung. 49, 87 /1980/
5. G. Gergely, H.J. Müssig, phys. stat. sol. /a/ megjelenés
alatt
6. G. Gergely, Elastic peak electron spectroscopy for Auger
electron spectroscopy and electron energy loss
spectroscopy, Surf. Interface Anal. 3, 201 /1981/

A PLATINA-KOROM KATALIZÁTOROK MORFOLÓGIÁJÁNAK ÉS ÖSSZETÉTELÉ-
NEK VIZSGÁLATA TRANZMISSZIÓS ANALITIKAI
ELEKTRONMIKROSZKÓPIÁVAL

Barna Á., Barna B.P., Tóth L., Paál Z.,^{*} Tétényi P.^{*}

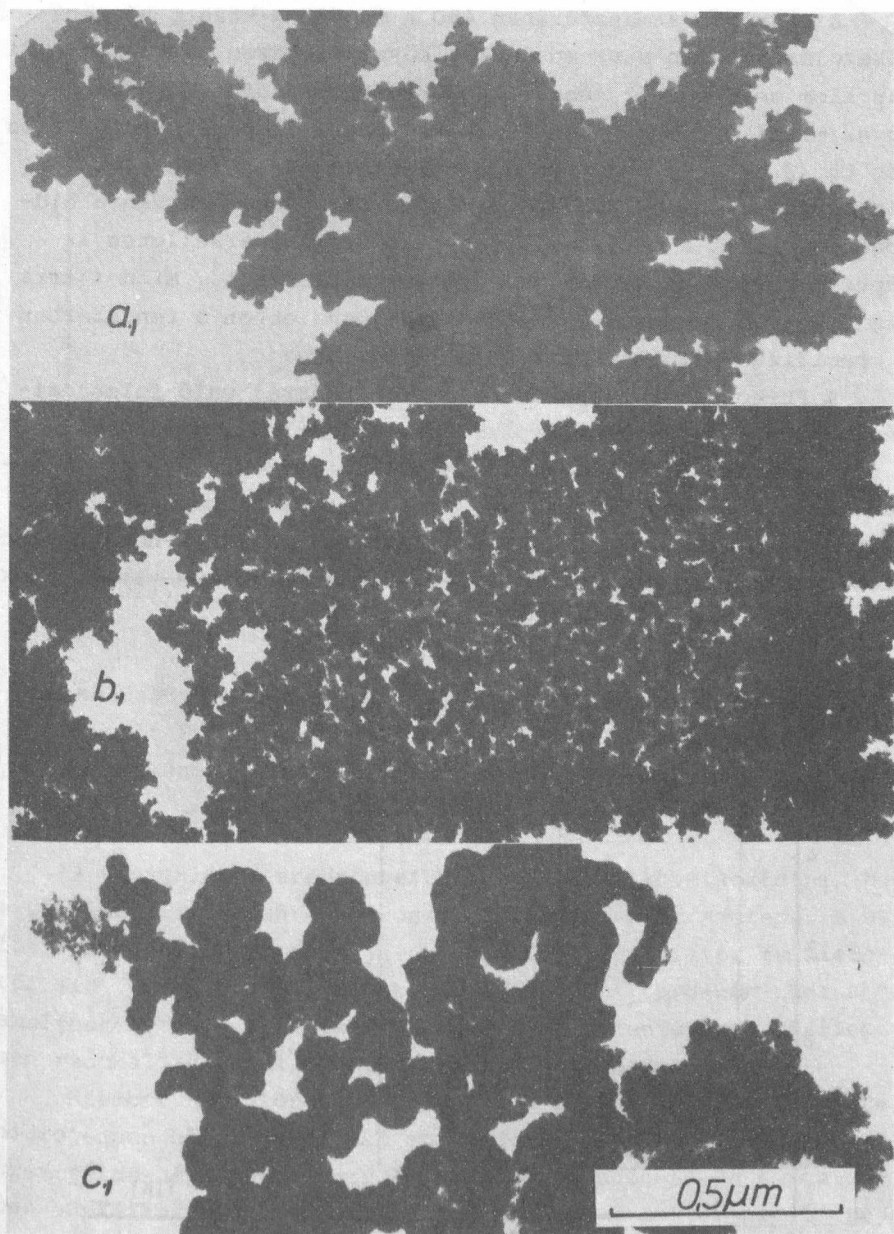
A hordozómentes Pt-korom katalizátorok fizikai-kémiai tulajdonságainak, morfológiájának és szennyezőtartalmának komplex vizsgálata fontos információkat nyújt a katalizátorok felhasználása során tapasztalt viselkedésükre is. Munkánk során a transzmissziós analitikai elektronmikroszkópia módszereivel /elektronmikroszkópia, elektrondiffrakció, $0,15-1,0\mu\text{m}$ terület elektronsugaras mikroelemzése hullámhosszdiszperzív röntgenanalizátorral / vizsgáltuk a platina sóból H_2PtCl_6 / HCHO -val KOH jelenlétében előállított platina korom szemcseméreteloszlását¹, Si tartalmát illetőleg a jellemzőknek a minták hidrogén atmoszférában végzett hőkezelése során bekövetkező változásait, a szemcsék összenövését, valamint a felületükön kialakult szénréteget^{2,3}.

Fontosabb eredményeinket az alábbiakban ismertetjük.

A különböző kiindulási platina só minták eltérő mennyiségű / $0,5 - 6 \text{ at\%}$ / Si-t tartalmaztak. Az elektronmikroszkópban a H_2PtCl_6 az elektronsugár hatására elbomlik és Pt kristályok keletkeznek. A minták Si tartalma eközben nem változik. A Si feltehetőleg stabil SiO_2 ? / formában van jelen.

A tiszta / $\text{Si } 0,5 \text{ at\%}$ / H_2PtCl_6 -ból előállított platina - korom szemcseméreteloszlása monodiszperz, míg a nagyobb Si-tartalmu mintáké polidiszperz. Összefüggést lehet megállapítani a szemcseméret és a Si tartalom között /1. ábra/.

^{*}MTA Izotóp Intézete

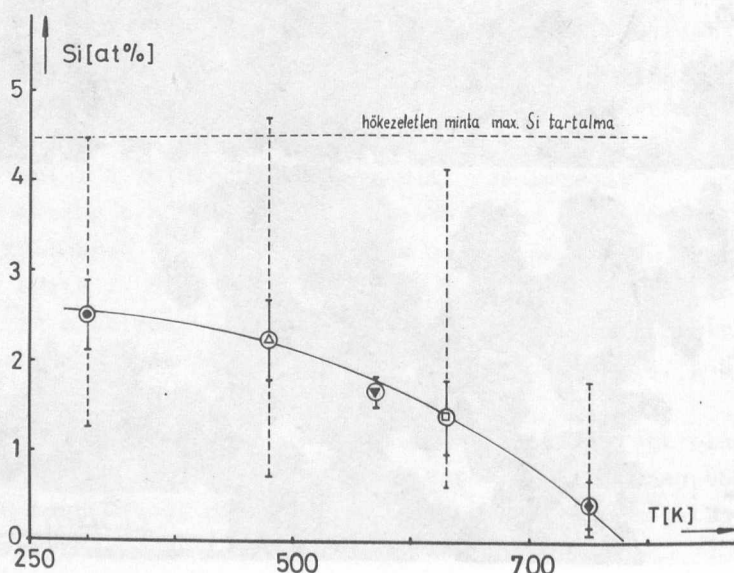


1. ábra

Alkoholban diszpergálással preparált Pt-korom elektronmikroszkópos képe. A minták Si tartalma: a/ 4,5 at%; b/ 2,2 at%, c/ 1,3 at%.

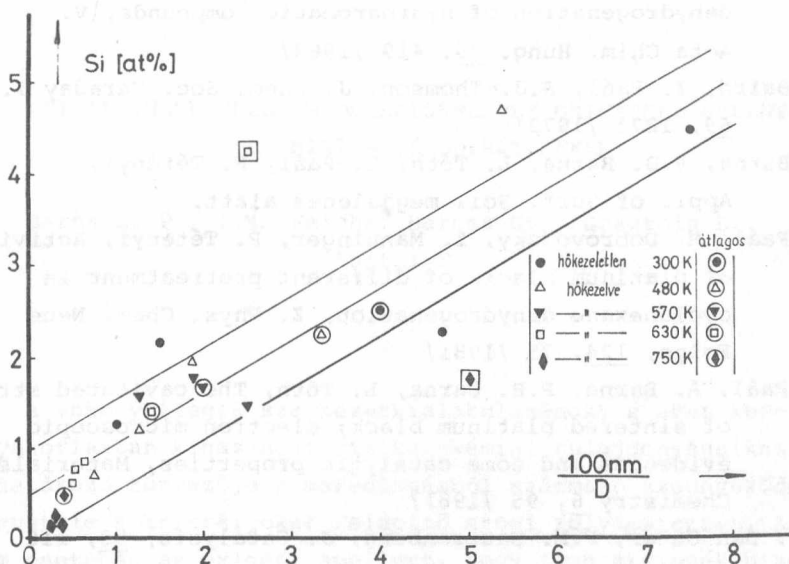
A hidrogén atmoszférában 480 K és 750 K között végzett hőkezelések során a szemcseméret következetesen nőtt, míg a Si tartalom csökkent /2. ábra/. Egyértelmű összefüggés adódott az egyes minták szemcseátmérőjének reciproka $1/D$ és Si tartalma között /3. ábra/. A pontok egy egyenesre esnek függetlenül a minta hőkezelésének hőmérsékletétől. Ez egyezésben van a hidrogénnek azzal a hatásával, hogy már szobahőmérsékleten is képes a rácsfeszültséget jelentősen csökkenteni⁴. Mindez arra utal, hogy a szemcsék összenövési hajlama ebben a rendszerben a specifikus felületükkel D^2/D^3 függ össze.

A Pt-korom mintáknak az elektronsugárral való felmelegítése során az elektronmikroszkópban közvetlenül vizsgálható a szemcseösszenövés folyamata. Megállapítottuk, hogy a vákuumban lezajló szemcseösszenövés alatt a minta Si tartalma nem változik. A kísérletekkel kimutatható volt a 750 K-hőmérsékleten előkezelt minták szemcséinek felületén katalitikus vizsgálatokkal valószínűsített szénburok⁵.



2. ábra

Pt-korom minták Si tartalma a hőkezelés hőmérsékletének függvényében.



3. ábra

A különböző hőmérsékleteken, hidrogén atmoszférában hőkezelt Pt-korom minták Si tartalma a szemcseméret reciprokának $1/D$ függvényében.

A vizsgálatok eredményeiből arra lehet következtetni, hogy a Si eltávolításában a hidrogénnek van jelentős szerepe. A valószínűleg oxid formában jelenlévő Si a katalizátor felületéről SiH_4 formájában távozhat. Ez a folyamat hasonló lehet ahhoz, amelynek során a Pt kristályok hidrogén jelenlétében részlegesen redukálják az Al_2O_3 illetőleg a SiO_2 hordozót^{6,7}.

Szembetűnő különbség van a 473 K ill. 573 K hőmérsékleten hidrogénben hőkezelt minták morfológiájában. Az előző minta szemcséinek átlagos mérete 12 nm, míg az utóbbié 33 nm és ebben a mintában a szemcséket jól kifejlett kristálylapok határolják⁵.

1. P. Tétényi, L. Babernics, On the kinetics of the catalytic dehydrogenation of hydroaromatic compounds, V. Acta Chim. Hung. 35, 419 /1963/
2. T. Baird, Z. Paál, S.J. Thomson, J. Chem. Soc. Faraday I., 69, 1273 /1973/
3. Á. Barna, P.B. Barna, L. Tóth, Z. Paál, P. Tétényi, Appl. of Surf. Sci. megjelenés alatt.
4. Z. Paál, M. Dobrovolsky, I. Manninger, P. Tétényi, Activity of platinum blacks of different pretreatment in cyclohexane dehydrogenation, Z. Phys. Chem. Neue Folge, 124, 75 /1981/
5. Z. Paál, Á. Barna, P.B. Barna, L. Tóth, The cavitated structure of sintered platinum black; electron microscopic evidences and some catalytic properties, Materials Chemistry 6, 95 /1981/
6. G.J. Den Otter, F.M. Dautzenberg, J. Catalysis, 53, 116 /1978/
7. H. Praliand, G.A. Martin, J. Catalysis, 72, 394 /1981/

KRISTÁLYNÖVEKEDÉSI MODELLKISÉRLETEK OXIGÉNNEL SZENNYEZETT
ALUMINIUM VÉKONYRÉTEGEKEN

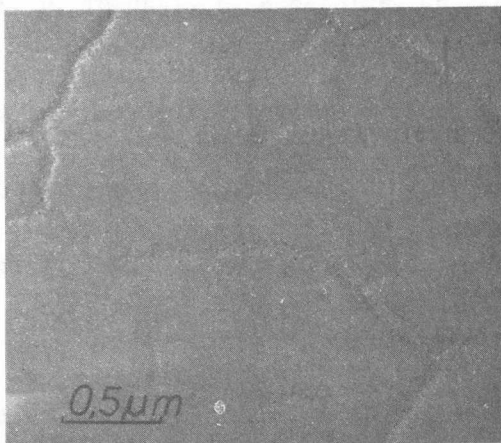
Barna B. P., F.M. Reicha^x, Barcza Gy., Gosztola L.,
Koltai F.

A vékonyrétegek szerkezetkialakulásának, s ezen keresztül a gyakorlatban kihasznált fizikai-kémiai tulajdonságaiknak, meghatározó tényezője a maradékgázból származó szennyeződések részvétele a kristályokat felépítő atomi folyamatokban. Alumínium esetében az oxigén, amellett, hogy igen aktívnek bizonyult, jelenléte sajátos kristálynövekedési anizotrópiákat is előidéz.¹⁻³ Az utóbbi években végzett vizsgálataink eredményei alapján a kristálynövekedésben megjelenő anizotrópia, a sajátos kristálmorfológiák megjelenése összefüggésbe hozható az oxigénnek az Al kristályok egyes lapjain tapasztalt különböző mikrokémiai kölcsönhatásával:

- az adszorbeálódó oxigén atomok kint ülnek a felületen az $\{111\}$ típusu lapok esetében, míg behatolnak a felületi atomi rétegbe az $\{110\}$ és $\{001\}$ típusu lapok esetében⁴;
- ennek következménye, hogy a monoréteges növekedés felhalmozza az oxigént az $\{111\}$ típusu lapokon a szemcsehatárookra /1. ábra/, vagy felületi oxiddal fedett lépcsőcsoportok kialakulását eredményezi /2. ábra/, míg az $\{110\}$ és $\{001\}$ típusu lapokon ez a folyamat nem megy végbe /3. ábra/.

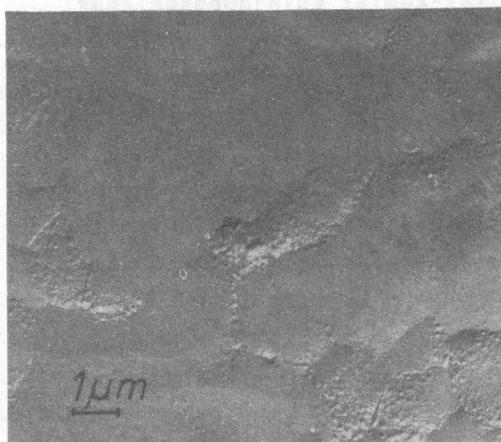
Vizsgálataink megmutatták, hogy az oxigén-alumínium rendszer kölcsönhatásában meglévő felületi anizotrópia következtében eltérő lesz az azonos körülmények mellett /egyidejűleg/ növesztett $\{111\}$, $\{001\}$ és $\{110\}$ lapok növekedési morfológiája:

^xAspiráns a mansourai egyetemről



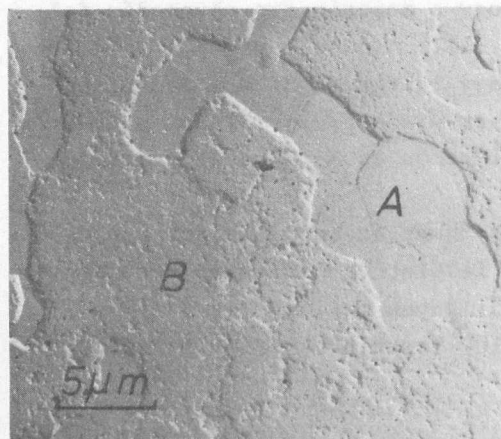
1. ábra

Csillám egykristályon
350°C hőmérsékleten elő-
állított 1 μm vastag Al
réteg felülete
/C + Pt lenyomat/



2. ábra

Üveghordozón 300°C hőmér-
sékleten előállított 1 μm
vastag Al réteg kristálya-
inak felülete
/C + Pt lenyomat/

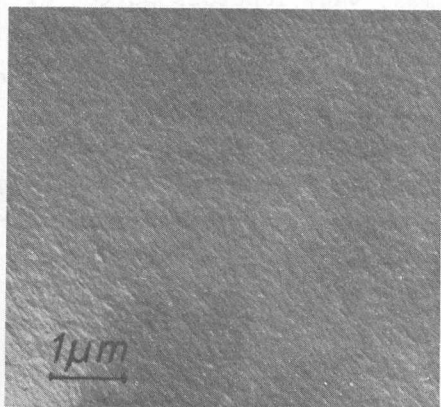


3. ábra

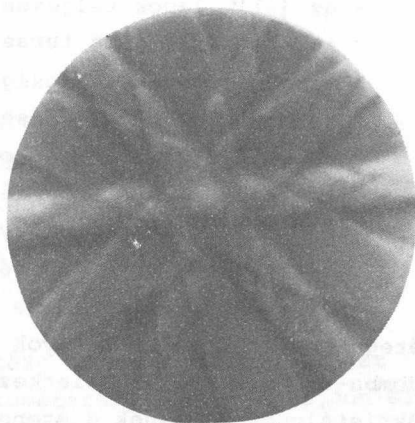
Szennyezett NaCl kristály
felületén 300°C hőmérsék-
leten előállított 250 nm
vastag Al réteg
/C + Pt lenyomat/

A: {111} kristálylapok

B: {001} kristálylapok

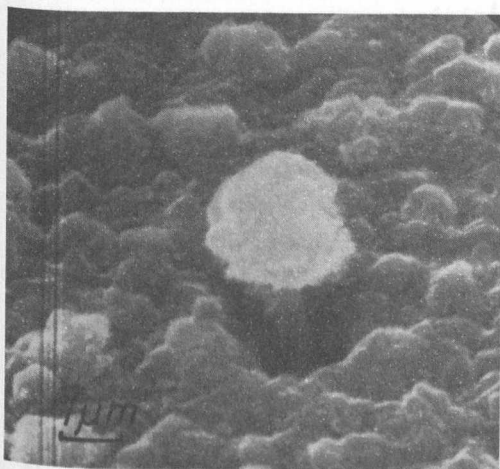


a/



b/

4. ábra 001 GaAs egykristályfelületen 300°C hőmérsékleten előállított 250 nm vastag Al réteg;
 a/ az 110 felület morfológiája
 b/ a réteg orientációja a PEM csatornaábra alapján:
 110 100 Al 001 110 GaAs



5. ábra

"Gomba-tü" kristályok
 az üveghordozón 300°C
 hőmérsékleten előál-
 litott 1 μm vastag
 Al rétegben /PEM/

$$\frac{N_{\text{oxigén}} \text{ cm}^{-2}}{N_{\text{Al}} \text{ cm}^{-2}} = 1$$

- az $\{111\}$ lapok teljesen simák, vagy lépcsőcsoportok által határolt sima teraszokból épülnek fel; a szemcsehatároknál pedig, az oxigén-szennyezés mértékétől függően, jellegzetes begyűrődések alakulnak ki /1. ábra/;
- a $\{001\}$ és $\{110\}$ lapokon lépcsőcsoportok és szemcsehatár-begyűrődések nem képződnek, a felület viszont, eddig még nem tisztázott folyamat eredményeként, bizonyos mértékig feldurvult topológiát mutat /3. és 4. ábra/.

Az 1 μm -nél vastagabb és oxigénnel erősebben szennyezett rétegekben sajátos kristályok növekedését mutattuk ki: a "gomba-tü" kristályok keletkezését /5. ábra/. Megjelenésük a tükrisztálynövekedésnek a szennyeződésekhez kötődő új folyamatára utal, amennyiben kialakulásuk, az egyéb eredményeink alapján, a kristályoknak az oxigénnel szemben mutatott felületi kémiai anizotrópiájával, az oxidréteg szelektív felületi kialakulásával és ennek következtében az $\langle 100 \rangle$ ill. $\langle 110 \rangle$ irányban növekvő kristályok kiválasztódásával értelmezhető. A "gombafejet" alkotó polikristályhalmaz a tükrisztályoknak a növekedésük során végül is elszennyeződött csucsán meginduló új magképződéssel fejlődik ki.

1. P.B. Barna, F.M. Reicha, On the mechanism of hillocks formation in vapour deposited thin films, *Acta Phys. Hung.*, 49, 237 /1980/
2. P.B. Barna, F.M. Reicha, The effect of oxygen uptake of crystallographic faces on the growth and coalescence of crystals in Al films, *Proc. 8th IVC, Cannes*, Suppl. Le Vide, 201, 165 /1980/
3. F.M. Reicha, kandidátusi értekezés, Budapest, 1981.
4. R. Michel, et.al., Initial interaction of oxygen with aluminium single crystal faces: a LEED, AES and work function study, *Surf. Sci.* 95, 309 /1980/
5. P.B. Barna, F.M. Reicha, G. Barcza, L. Gosztola, F. Koltai, *Vacuum* /megjelenés alatt/.

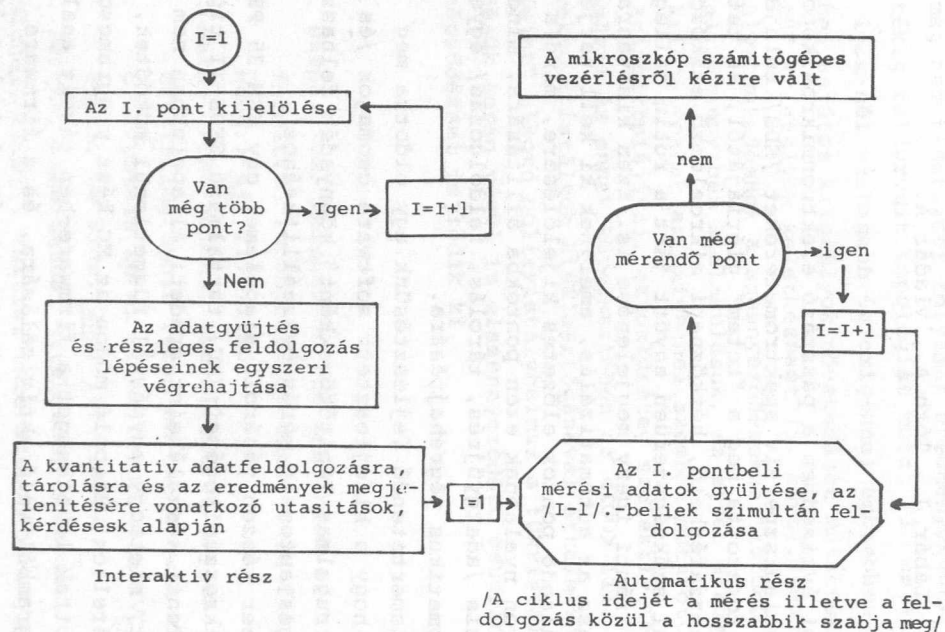
SZÁMITÓGÉPES MÉRŐ- ÉS ADATFELDOLGOZÓ RENDSZER ELEKTRONSUGARAS MIKROANALIZÁTORHOZ

Lábár J., Tóth A., Vladár A.

Az utóbbi évtizedben a pásztázó elektronmikroszkópokat /PEM/ és energiadiszperziv spektrométereket /EDS/ tulajdon elszaporodásuk fosztotta meg a "totem" glóriájától, és tette őket könnyen hozzáférhető, hétköznapi mikroelemző eszközökké. A trónfosztással szükségszerűen együtt járt a rutin jellegű sorozatmérések iránti igény megjelenése is. Ezen kihívásra természetes válasz az automatizálás, amelynek ki kell terjednie mind a vizsgálandó pontok előzetes kijelölésére, mind a gerjesztő elektron nyalábnak ezen pontokba állítására, mind pedig az analízis /adatgyűjtés, tárolás, feldolgozás/ egyes lépéseinek automatikus végrehajtására.

Az itt ismertetendő fejlesztésünk úgy oldotta meg ezen feladatokat, hogy a kifejlesztett software csomagok /és hardware elemek/ rugalmas "építőkövekként" könnyedén felhasználhatók tetszőleges automata mérés összeállításához¹.

A rendszer készen vásárolt alapelemei egy JSM-35 PEM és egy LSI-11 mikroszámítógépet /MC/ tartalmazó EEDS-II típusú EDS voltak. Fenti készülékeink eredeti állapotukban nem képeztek rendszert, minthogy egymástól függetlenül működtek, egymást nem vezérelték. Hasonló módon az MC kész programcsomagjai sem biztosítottak lehetőséget a firmware-ben tárolt analízátor funkciók programból való aktivizálására, és a firmware által végrehajtott részleges adatredukció eredményei is hozzáférhetetlenek voltak ezen programok számára. Ez annál is nagyobb hiányosság volt, minthogy a leggyakrabban azon sorozatméréseknél szükséges az automatizálás, amelyek nem igénylik a firmware-nél pontosabb, ám lassabb /s így drágább/ kvantitatív software-csomag alkalmazását.



1. ábra

A hardware módosítások első lépése volt az analóg pásztázó generátornak, a képmezőt 2Kx2K képpontra osztó digitális pásztázó generátorra /DSG/ cserélése². A DSG vezérléséhez egyszerű interface-t építettünk, amely az EEDS-II front paneljének /FP/ eredetileg nem hasznosított jelzőfényeit vezérlő jeleket dolgozza fel. Ugyanilyen módon valósítottuk meg a mechanikus mintamozgatás irányítását is. A PEM tetszőleges jelének a memóriába vitelét feszültség-frekvencia konverter /VFC/ biztosítja³.

Az ily módon összekapcsolt egységek rendszerre szervezése software uton történik. Az általunk használt magas szintű, interaktív programozási nyelv /ORACL/ lehetővé teszi gépi kódban írt programrészletek, ún. függvények futtatását. Ezért a gyorsaság érdekében a lényegesebb vezérlő funkciókat gépi kódban dolgoztuk ki. Ilyenek a pontok kijelölésére, az analízátor funkciókból algoritmus összeállítására /LEARN/, valamint a kijelölt nyalábpozíciók beállítására és az algoritmus futtatására szolgáló programok. Az ezeket aktivizáló, egy-egy szavas utasítások az ORACL nyelven írt programba tetszőlegesen beépíthetők, annak integráns részei.

Az eredmény: a feladat kijelölés időszakában interaktív, a végrehajtás ideje alatt pedig automatikus mérő-adatfeldolgozó rendszer. Az analízis menetét a fenti blokk-diagram szemlélteti.

Az analizálandó pontok kijelölése vizuálisan, gombnyomásokkal történik. Az MC által vezérelt PEM képernyőjén megjelenik a minta képe, és rajta egy, az operátor által mozgatható világító pont /marker/. A marker mozgatására a FP megjelölt, erre az időre az eredetitől eltérő funkciót ellátó gombjai szolgálnak. A kívánt pozíció elérését újabb gombnyomással jelezzük a gép számára. A kijelölendő pontok számát előre nem kell tudni, az tetszőleges lehet. A pontok a kijelöléskor 30 karakteres azonosítóval láthatók el, amely az abban a pontban végzett mérés és adatfeldolgozás eredményeivel együtt tárolódik és jelenik meg.

LEARN módusunk lehetővé teszi, hogy az 1. pontban manuálisan végrehajtott analízis lépéseit a gép megjegyezze, azaz

az elvégzendő algoritmust rögzítse, és azt az összes pontban ugyanugy automatikusan elvégezze. Hasonló módon lehetővé teszi a firmware-rel való adatcserét is, így gyors, automatikus félkvantitatív méréssorozat elvégzésére éppúgy alkalmas, mint a teljes kvantitatív automata sorozatanalízisben való részvételre.

Az automatikusan végrehajtott kvantitatív sorozatanalízishez felhasználtuk a gyártó cég által a manuális mérések feldolgozásához szolgáltatott elveket és egyes software elemeket, és azokat az automatikus működés követelményeit kielégítő program-együttesbe építettük. Hasonló módon készítettük a PEM-EDS rendszer paramétereit /kontamináció, stabilitás, felbontás, energia szerinti átvitel, stb./ éjszakai mérő-kiértékelő software csomagot is.

A PEM tetszőleges jelének /pl. EBIC/ kontrolált, kvantitatív mérését segítette elő az analóg LINE-SCAN üzemmódnak digitálisan szinkronizáltra cserélése. Ezen az adott jelet gyűjtő multiscaler csatornáról-csatornára váltásának, külső eseményt /pl. nyaláb pozíció vagy minta előfeszítés változtatását/ kiváltó jellel való /software/ szinkronizációját kell érteni. Ezt az üzemmódot használtuk fel pl. kvantitatív EBIC kontraszt-mérő programunk kidolgozásához!

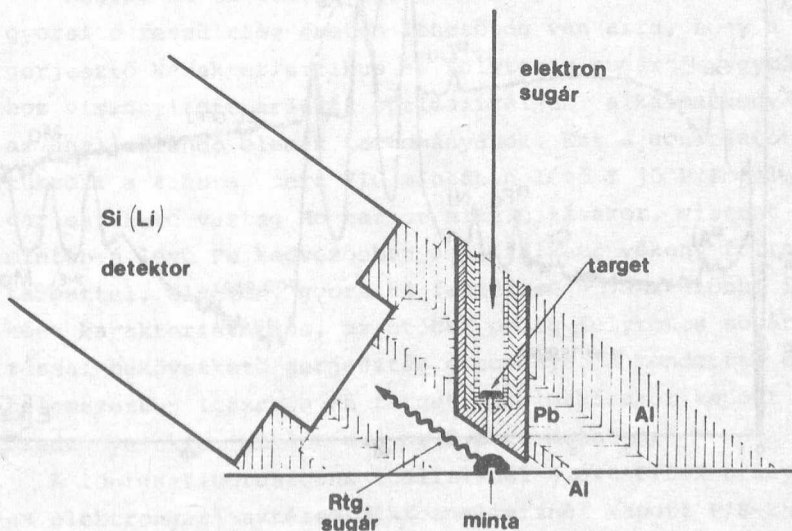
Összefoglalva: konvencionális nagyműszerek felhasználásával olyan kényelmes feladatkijelölést lehetővé tevő automata rendszert hoztunk létre, amely egyrészt tetszőleges automata pásztázó elektronmikroszkópos méréshez jól felhasználható "építőköveket" biztosít, másrészt a leggyakoribb méréstípusainkra /röntgen mikroanalízis, EBIC/ komplett mérő- és adatfeldolgozó software-t tartalmaz.

1. Tóth Attila, Lábár János
Proc. of 5th Conference: "The application of electron microscopes for research in biology, medicine and technology"
megjelenés alatt
2. Borody Huba és Sárvári Péter munkája
3. Tóth A., Vladár A.: "Simple Digital Data Recording Using a Voltage to Frequency Converter" Scanning, megjelenés alatt

ENERGIADISZPERZIV RÖNTGENFLUORESZCENS ANALIZIS A PÁSZTÁZÓ ELEKTRONMIKROSKÓPBAN

Pozsgai Imre

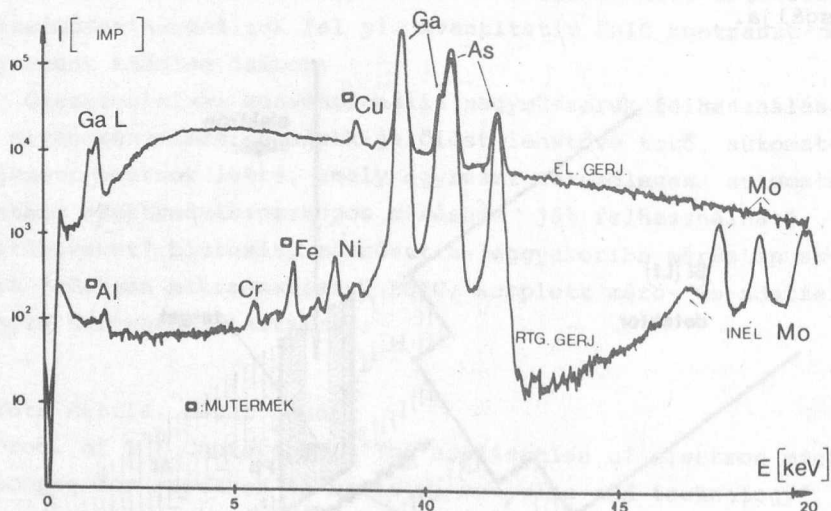
Elektronmikroszkópban végrehajtott röntgenfluoreszcens mérésekről eddig két közlemény számolt be^{1,2}. Az idézett vizsgálatokban a röntgensugárzást vékony fém fóliák elektronokkal történő besugárzásával nyerték és a vékony fólián áthaladó sugárzást használták gerjesztésre. Céljuk a detektálási határoknak az elektronsugaras mikroanalízishez képesti javítása volt. A két dolgozatban alkalmazott Mo transzmissziós targetek különböző vastagsága /25 illetve 10 μm / indította jelen cikk szerzőjét, hogy a targetvastagság és gyorsító feszültség szerepét vizsgálja.



1. ábra
A röntgenfluoreszcens feltét vázlata.

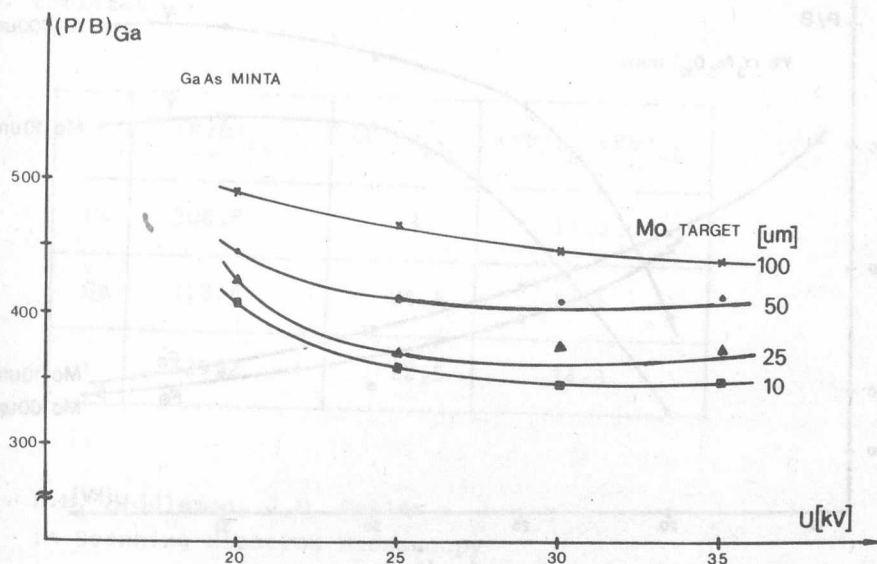
A detektor 35° alatt hajlik a mintatartó síkjához, aktiv felülete $12,5 \text{ mm}^2$. A kísérleti elrendezés vázlatát az 1. ábra mutatja. A minta-target távolság 5 mm, a minta-detektor távolság 25 mm. Elektronsugaras mikroanalízist a detektornak a fluoreszcens feltétellel együtt történő visszahúzása után lehet végezni. 99,9% tisztaságu Mo és Rh fóliákat használtunk targetként.

Elektron- és röntgen gerjesztéses spektrumot hasonlítunk össze a 2. ábrán. A következő ábrák P/B arányokat mutatnak /P-nettó csucs-magasság, B-háttér/. A P meghatározására energia-intervallumként a csucs félértékszélességét vettük. A háttér meghatározására lineáris interpolációt alkalmaztunk: az egyik intervallumot a K_α csucs alatti, a másikat a K_α és K_β közötti energiatartományból vettük. Ez az eljárás a valódinál kisebb P/B arányt eredményezhet. A 3. ábrán GaAs-ből származó Ga csucs P/B-je látható a mikroszkóp gyorsító feszültségének függvényében; paraméter a Mo target vastagsága. A P/B javul növekvő targetvastagsággal 100 μm -ig úgy, hogy a bemeneti intenzitás 10^4 imp/s felett marad.



2. ábra

Elektron és röntgen-gerjesztés összehasonlítása /GaAs minta, Mo target 100 μm , 35 kV/

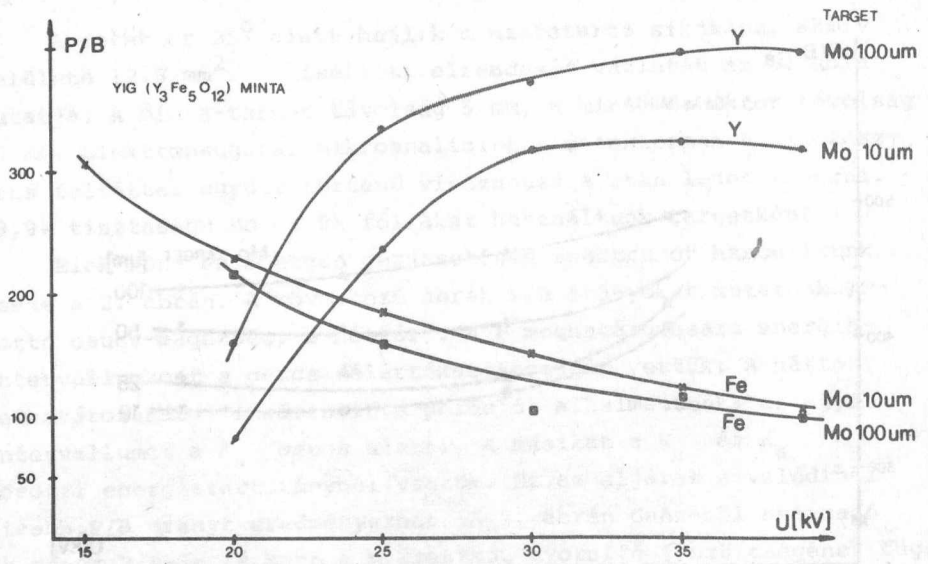


3.ábra

GaK P/B-je a gyorsítófeszültség és targetvastagság függvényében

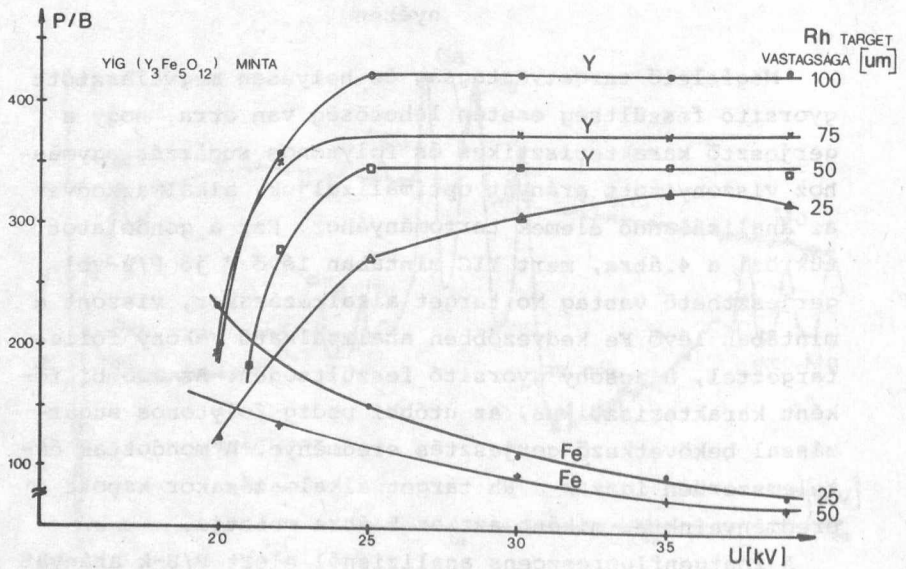
Megfelelő targetvastagság és helyesen megválasztott gyorsító feszültség esetén lehetőség van arra, hogy a gerjesztő karakterisztikus és folytonos sugárzás egymáshoz viszonyított arányát optimalizáljuk, alkalmazkodva az analizálandó elemek tartományához. Ezt a gondolatot tükrözi a 4.ábra, mert YIG mintában lévő Y jó P/B-vel gerjeszthető vastag Mo target alkalmazásakor, viszont a mintában lévő Fe kedvezőbben analizálható vékony fólia-targettel, alacsony gyorsító feszültségen. Az előbbi főként karakterisztikus, az utóbbi pedig folytonos sugárzással bekövetkező gerjesztés eredménye. A mondottak értelemszerűen igazak a Rh target alkalmazásakor kapott eredményeinkre, miként azt az 5.ábra mutatja.

A röntgenfluoreszcens analízisnél elért P/B-k arányát az elektrongerjesztéses mikroanalízisnél kapott P/B-khez viszonyítva az 1. táblázat mutatja.



4. ábra

YIG minta $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ P/B-je Mo target alkalmazásakor



5. ábra

YIG minta P/B-je Rh target alkalmazásakor

1. táblázat

	$(P/B)_{FL}$	$(P/B)_{EL}$	$(PB)_{FL}/(PB)_{EL}$
Fe	306,8	23	13,3
Ga	428,8	26,6	16,1
Y	429,2	12,5	34,3

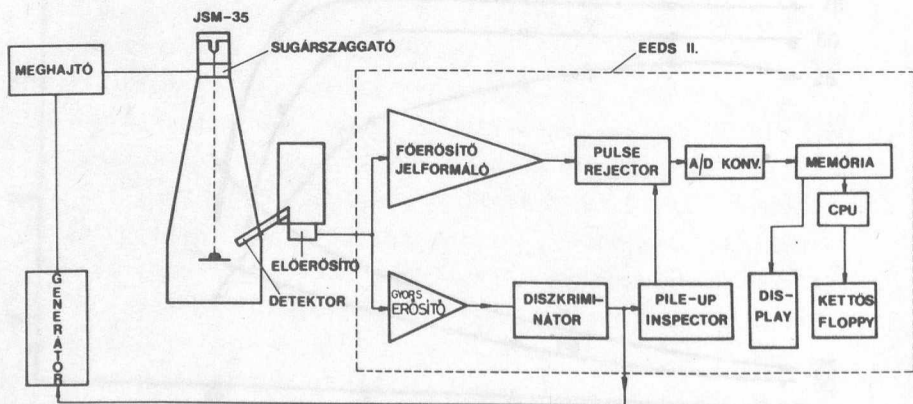
1. L.M. Middleman, J.D. Geller
in Scanning Electron Microscopy
/Szerk. Om. Johari, IITRI, Chicago, 1976/ 1. kötet
p. 125
2. B. Linneman, L. Reimer
Comparison of X-ray elemental analysis by electron
excitation and X-ray fluorescence,
Scanning, 1, 109 /1978/

ENERGIADISZPERZIV RÖNTGENSPEKTROMÉTER JELFELDOLGOZÓ SEBESSÉGÉNEK JAVÍTÁSA NYALÁBSZAGGATÁSSAL

Vladár A.,

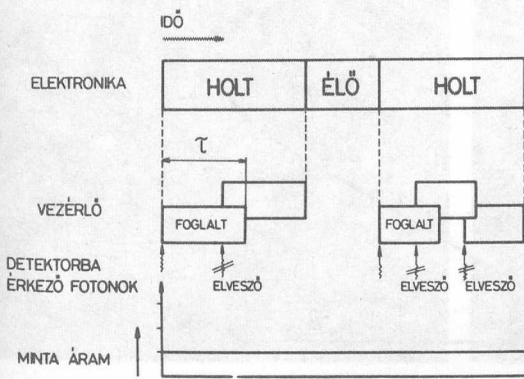
Pozsgai I.

A Si/Li/ detektorral működő energiadisziperziv röntgen-spektrométerek /EDS/ hátrányos tulajdonsága, hogy jelfeldolgozó képességük erősen korlátozott. Ezért nagy besugárzó áramoknál a berendezés egyre kisebb hatásfokkal dolgozza fel a jeleket, az energiafelbontó képesség romlik, a csúcsok helyzetének eltolódása következik be, stb. A mintát besugárzó elektronnyalábnak olyan módon történő szaggatásával, hogy a jelfeldolgozás alatt ne érje röntgensugárzás a detektort^{1,2}, a jelfeldolgozás sebességét háromszorosára sikerült növelni, miközben az említett káros effektusok sem léptek fel. Ez egyidejűleg a 0,1 %-os detektálási határ $\sqrt{3}$ - szoros javulását eredményezi 100 s-os mérésidőre vonatkoztatva. Különösen jól hasznosíthatók eredményeink röntgentérképek felvételekor.



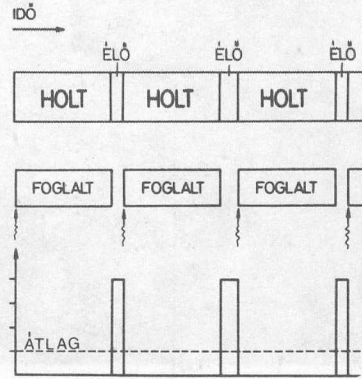
1. ábra

Kísérleti elrendezés az EDS jelfeldolgozó teljesítményének javítására. Az EDS elektronikájának bloksémája szaggatott vonallal bekeretezve.



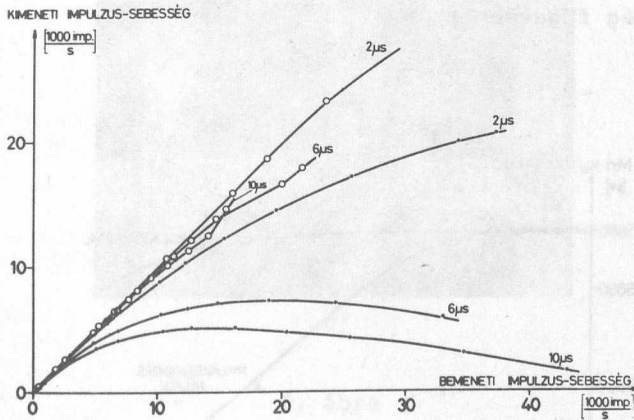
2. ábra

Az EDS működése folyamatos elektronbesugárzáskor



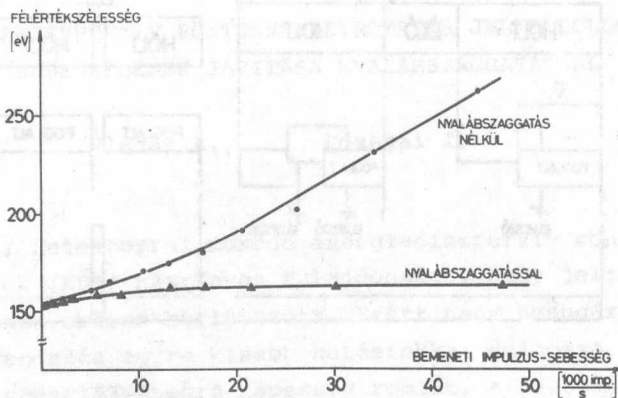
3. ábra

Az EDS működése vezérelt nyalábszaggatáskor



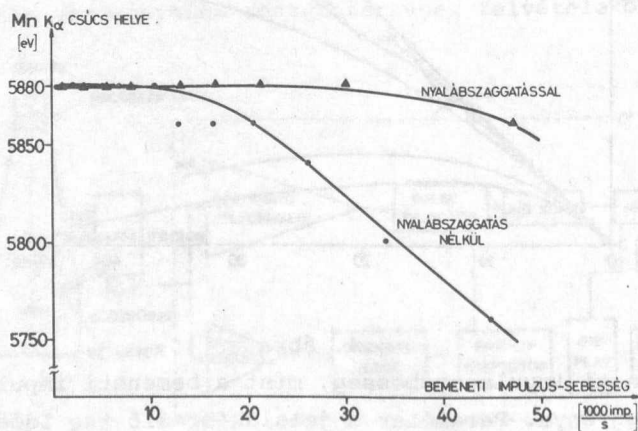
4. ábra

A kimeneti impulzussebesség, mint a bemeneti impulzussebesség függvénye. Paraméter a jelalakformáló tag időállandója. A felső három görbét nyalábszaggatással, az alsó hármat folyamatos sugárral vettük fel.



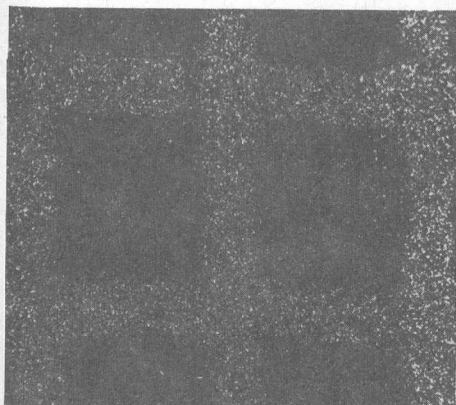
5. ábra

Az energiafelbontóképesség, mint a bemeneti impulzus-sebesség függvénye.

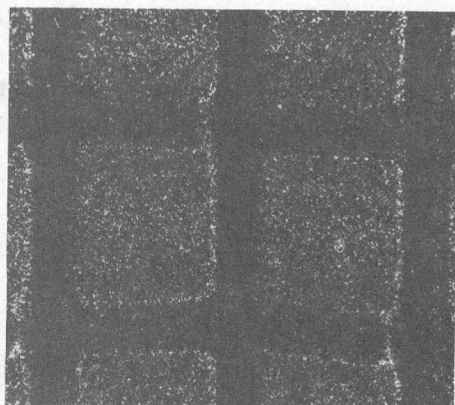


6. ábra

Az MnK_{α} csúcs helyének függése a bemeneti impulzus sebességtől

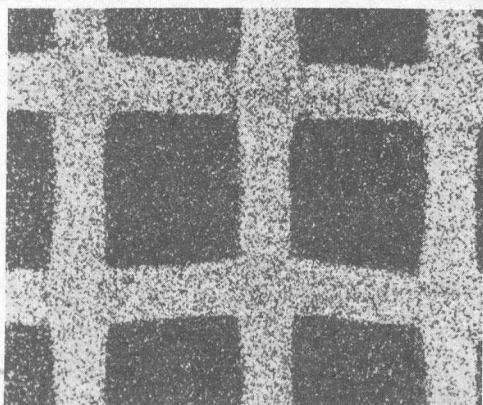


a/



b/

OPTIKAI-ELEKTRONIKAI



c/

7. ábra

Elektronmikroszkópos réz rostély röntgen térképe CuK_α sugárzással felvéve

a/ Folyamatos sugár, optimális bemeneti sebesség

b/ Folyamatos sugár, túl nagy bemeneti sebesség

c/ Vezérelt nyalábszagatás

1. J.M. Jaklevic, F.S. Goulding, D.A. Landis, IEE Trans. Nucl. Sci., NS-19, 392 /1975/
2. P. Statham, Proc. of the 11th Annual Conf. of Microanal. Society, Miami Beach, 1976, pp. 11A-11a

KUTATÁSOK

AZ OPTIKAI-ELEKTRONIKAI FŐOSZTÁLY
1980-81. ÉVI MUNKÁJÁRÓL

Schanda János

Az elmúlt két évben a Főosztály a korábbi gyakorlatnak megfelelően két munkaterületen tevékenykedett. Egyrészt a hazai és nemzetközi világítástechnikai ipar igényeinek megfelelően fény- és szinmérési kérdéseket tanulmányozott mind alaptudományi, mind alkalmazott tudományi és műszerkonstrukciós vonalon, másrészt a társ-főosztályokkal együttműködve mérés technikai feladatokat oldott meg.

A világítástechnika területén Intézetünk legfontosabb hazai partnerei 1980-81-ben is az EIVRT és az EKA voltak. Külföldi partnereink között első helyen a berlini VEB Werk für Fernsehelektronik-ot kell megemlíteni.

Tematikailag munkánk 3 nagy csoportba osztható: alapvető világítástechnikai kérdések, egyedi műszerfejlesztések és a világítástechnika szintani problémáinak tanulmányozása. Az új ötéves terv kiemelt kutatási-fejlesztési programjai között szerepel az energiatakarékosság is. Ezen belül a világítási energiamegtakarítás is fontos szerepet kap. E feladatpont nem teljesíthető, ha nem ismerjük egyrészt a környezeti információk vizuális vételének törvényszerűségét, másrészt nem tudjuk a világítási rendszereket optimalizálni. Mindkét feladat teljesítése terén Intézetünk komoly feladatokat vállalt.

A világítás optimalizálása két kérdéskör megoldását jelenti:

1. Az adott feladathoz legkedvezőbb fénybeesési irányokat kell meghatározni és ezekhez kapcsolódóan olyan fényforrás, ill. lámpatest konstrukciókat kialakítani, melyek biztosítják azt a kedvező fénybeesést.

Ismeretes, hogy egyes irodai munkák esetén, pl. grafit ceruzával írott szövegek olvasásánál, a jelenleg érvényes szabványok szerinti megkövetelt megvilágítási szinthez képest változatlan munkateljesítmény biztosítása mellett mintegy 50% energiamegtakarítás érhető el, ha a világítási rendszerek fénykibocsátását optimalizáljuk.

2. A munkateljesítmény nem csupán a fény térbeli eloszlásától, de annak szinképi összetételétől is függ. Ezen kérdéskör a színvisszaadás és szindiszkrimináció optimalizálásának feladatát jelenti.

Főosztályunk mindezen alapvető fény- és szintani területeken végzett kutatást s reméljük, hogy az öt éves terv végéig sikerül olyan fényeloszlás- és szintani index rendszert kidolgoznunk, melynek alapján különböző jellegzetes munkavégzésekhez a leggazdaságosabb világítási rendszer számítható. E munka mind a fényforrásgyártó, mind a lámpatest-gyártó számára adatokat szolgáltat a különböző világítástechnikai rendszerek optimális paramétereinek megválasztása céljából.

A fenti alapkutatási feladatokhoz közvetlenül kapcsolódott az a feladatunk, hogy az alapkutatási szinten meghatározott jellemzőket mérhetővé tegyük. Ezért továbbfejlesztettük fényforrás vizsgáló goniométerünket, s az ma olyan összetett automatikus vezérlésű fényeloszlásmérő, melynek segítségével különböző fényforrástípusok fényének és színének térbeli eloszlását lehet meghatározni. Az EIVRT munkatársaival együttműködve két fontos kísérletsorozatot hajtottunk végre ezen mérőrendszeren: vizsgáltuk a nagynyomású fém-halogén lámpák színének térbeli eloszlását, valamint autólámpák fényeloszlását. E kérdésekről az évkönyv más helyén részletesen beszámolunk, itt csupán azt szeretnénk kiemelni, hogy a MFKI-ban végzett vizsgálatok mutattak rá világviszonylatban is elsőként arra, hogy fém-halogén lámpák színének térbeli eloszlása igen nagy ingadozásokat mutat, egyes lámpákon 2000 K-t is elérő színhőmérsékleti változásokat határoztunk meg. Ezen eredményeink két területen is hasznosításra kerültek, ill. kerülnek, egyrészt a fényforrásgyártó az Intézetben végzett vizsgálatok alapján korszerűbb, egyenletesebb szineloszlású fém-

-halogén lámpákat tud kidolgozni, másrészt az alkalmazott világítástechnikus a jelenleg kapható fém-halogén lámpák fentiekben vázolt tulajdonságát e lámpák alkalmazásánál figyelembe tudja venni.

Az MFKI 1979-es évkönyvében beszámoltunk az EIVRT Nagykanizsai Gyáregysége számára készített automatikus rendszerű lámpavizsgáló fotométerről. Ezt a berendezést két év óta eredményesen használják az izzólámpák gyors, megbízható fotometrálására. A készülék nagy előnye, hogy mind a mérést végző személy által beállított adatokról, mind a lámpa fénytechnikai és elektromos adatairól írásos jegyzőkönyvet készít. Az elmúlt időben felmerült a nagykanizsai felhasználóknak az az igénye is, hogy a berendezés lámpasorozatok statisztikai kiértékelésére is alkalmas legyen. A készülék már jelenleg is 3-4 korábbi fotométer munkáját látja el és ha azt további adatfeldolgozással kiegészítenék ill. ha hasonló berendezést készítenének más fényforrások vizsgálatára is, úgy a berendezést használó személyek megállapítása szerint mind nagymennyiségű előmunkát, mind pedig a terjedelmes hagyományos fotométerek leszerelése során értékes laboratóriumi területet nyerhetne a vállalat.

A fényforrás által létrehozott fényáramnak nem elhanyagolható része elvész a lámpatestben és sohasem éri el a megvilágítandó felületet, így a lámpatestek fényhatásfokának növelése nagy jelentőségű. Ezért Főosztályunk az OMFB támogatásával 1980-ban 3 éves programot kezdett az EKA Fénytechnikai Laboratóriumnak rekonstrukciója érdekében. Ennek keretében több mérőműszert és mérési eljárást dolgoztunk ki, melyek egyrészt az EKA-ba beérkező lámpatest-alapanyagok optikai minőségénél kerülnek felhasználásra, másrészt a késztermék ellenőrzésére alkalmasak. Ezen program keretében elkészített reflexiós goniométerünk és a szórt, vegyes és tükrös reflexió-, valamint áteresztés mérésére alkalmas célberendezésünk a kötet soronkövetkező dolgozataiban kerül ismertetésre.

A tervidőszakban továbbfejlesztettük a radiometriai mérőrendszereinket is és mind az EKA számára, mind NDK-s partnerünk

számára készítettünk olyan fotoradiométert, mely a megvilágítás mérésén kívül alkalmas sugárforrás ultraibolya A,B,C tartományában, valamint az infravörös szinkép tartományban kisugárzott szinkép teljesítményének meghatározására.

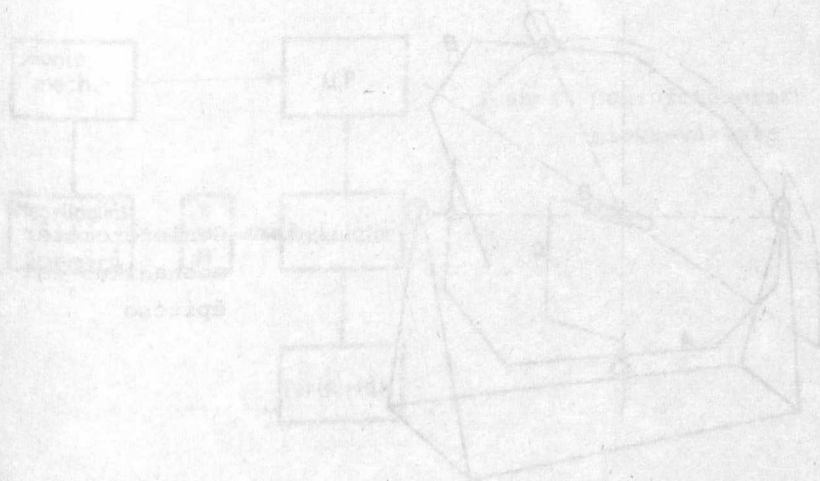
Ugyancsak többéves együttműködés fűzi Intézetünket a Werk für Fernsehelektronik-hoz, ahol a világítódioda és diódás számkijelzők fejlesztése és méréstechnikája területén működik közre a MFKI. A Főosztály feladata ezen belül a LED eszközök optikai jellemzése, olyan mérőrendszerek kidolgozása, melyek segítségével a gyártó gépsorokon határozható meg a világítódiodák színe és fényereje. Az elmúlt két évben kidolgoztuk azt az egyszerű, két detektort igénylő mérőrendszert, melynek segítségével a világítódiodák színét egyértelműen meg lehet határozni. Ez a mérési eljárás a WF-nek szállított komplex mérőautomatában is felhasználásra került: olyan összetett mérőrendszert dolgoztunk ki, mely lehetővé teszi, hogy számítógép vezérléssel világítódiodás számkijelző egyes szegmenseit egymástól függetlenül helyezzük áram alá, automatikusan elvégezzük az egyes szegmensek feszültség-áram-fényerősség karakterisztikájának felvételét és meghatározzuk a szegmens világitásának súlyponti hullámhosszát is. A mérőrendszer érdekessége, hogy Intézetünkben dolgoztunk ki az optikai és elektronikus vezérlő és adatgyűjtő egységeket, de a berendezést vezérlő számítógép NDK gyártmány, s a gép és a mérőrendszer összekapcsolását a helyszínen oldották meg szakembereink.

A fenti nagyobb lélegzetű ipari együttműködésekén kívül meg kell még említeni a most már többéves multra visszatekintő együttműködést az EIVRT Konverta Gyárával, melynek keretében színes televíziós képcsövek gyártásellenőrzésére használt színmérőberendezések vizsgálatát és hitelesítését végeztük. Néhány évvel ezelőtt a Budalakk számára kidolgoztunk egy csillogásmérő berendezést. Ez a műszer festett, lakkozott és más felületkikészítéssel ellátott sík lapok fényvisszaverésének vizsgálatára alkalmas. Hazánkban a csillogásmérésnek nem voltak hagyományai. A Budalakk számára készített berendezés számos más iparvállalat érdeklődését is felkeltette, úgyhogy az elmúlt években még néhány ilyen berendezést kellett készítenünk.

1981-ben ipari partnereink tollából két közlemény is megjelent, mely a csillogásmérőink ipari alkalmazásával foglalkozik^{1,2}, sőt partnervállalataink azt is felvetették, hogy e műszertípusunkat a Magyar Szabványügyi Hivatal a felületkikészítési szabványoknál szabványos műszernek tekintse, és ezekre alapítva készüljön KGST szabványtervezet is.

Összefoglalva: az Optikai-Elektronikai Főosztály világítás-technikai vizsgálatokkal foglalkozó profilja az elmúlt két évben egyenletesen fejlődött, módunk volt az alap- és alkalmazott kutatás területén egyaránt újabb eredményeket elérni és új műszereinkkel az ipari partnerek számára olyan mérési lehetőségeket biztosítani, melyek eddig egyáltalán nem voltak hozzáférhetők vagy csak tökéletes piacról voltak beszerezhetők.

1. Kántor K., Kausay T., Kovácsné Stáhl Á., Molnár I., Kőzetek fényesség mérése hazai műszerrel, Építőanyag 33, 250 /1981/ és 33, 301 /1981/
2. Kovácsné Stáhl Á.: Tapasztalatok az MTA MFKI fényességmérő műszerével, Mérés és Automatika, 29, 476 /1981/

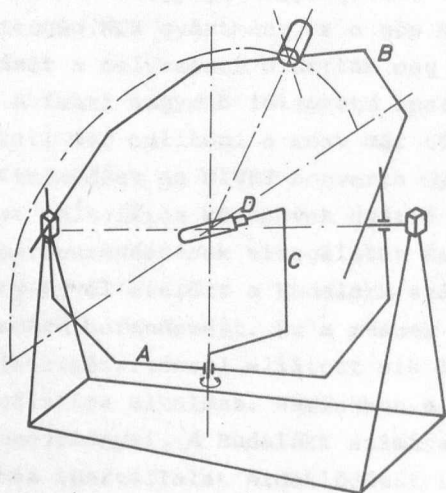


FÉNYFORRÁSOK GONIOFOTOMETRÁLÁSA

Czibula György.

Régebben a goniofotométeres mérés a nagyobb nemzeti laboratóriumok kiváltsága volt, mert a mérés hosszadalmas volt és a kellő pontosságot ipari körülmények között rutinméréseket végző laboratóriumokban nem lehetett biztosítani. Az elmúlt években az elektronika ugrásszerű fejlődésen ment keresztül és ez lehetővé tette a goniofotométeres mérés magas szintű automatizálását, csökkentve a mérés idejét és biztosítva a különböző fajta információ gyors feldolgozását.

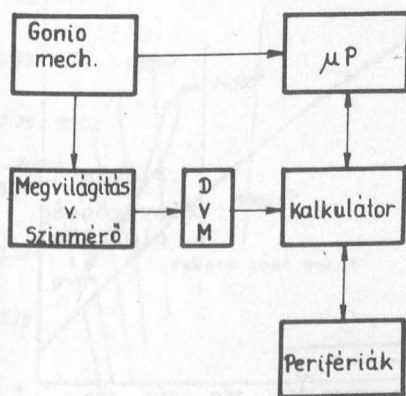
Célkitűzéseinknek megfelelően olyan goniofotométert valósítottunk meg, mely a fényáram meghatározásán kívül a színesszintet, a fényáram eloszlásának vizsgálatára is alkalmas, lehetővé teszi az összfényáram meghatározását, a fényáram és a szinkordináták szögeloszlásának felvételét, s ezekből olyan adatok számítását, mint pl. színhőmérséklet^{1,2}.



1. ábra Goniofotométer
mechanikus fel-
építése

Az 1. sz. ábra a goniofotométer mechanikáját szemlélteti. A berendezésnek két fő- és egy segédkarja van: a detektor-kar /B/ vízszintes tengely körül forog, a lámpakar /C/ pedig függőleges tengely körül. Ez az alapelrendezés lehetővé teszi, hogy a fényforrás goniofotometriás mérés alatt a Föld gravitációs terében helyzetét nem változtatja, s így nem kell tartani attól, hogy a gázkisülés forgatás következtében változásokat szenved. Ha egyszerűen 360° -kal körbejárnánk a B karral a fényforrást, úgy egy elég jelentős szögtartományban a C kar árnyékot vetne, s ez a mérést megnehezítené. Ezért a C kart az A segédkarra szereltük fel, ez az A segédkar az ábra szerinti alsó helyzetben van, ha a fényforrás sugárzását a felső féltérben határozzuk meg. Az alsó térrész vizsgálatához az A segédkart 180° -kal elforgatva felső függőleges helyzetbe hozzuk. A karok ezen átfordítását a goniométer elektromechanika automatikusan végzi el.

Természetesen ezen átfordítás ideje alatt sem szabad a fényforrásnak helyzetét a Föld gravitációs terében megváltoztatnia, ezért a C karon közvetlenül a lámpa közelében elhelyeztünk egy kis segédmotort /D/, mely az A kar átfordulása közben a fényforrást ellentétes irányba forgatja úgy, hogy a fényforrás gyakorlatilag álló helyzetben marad.

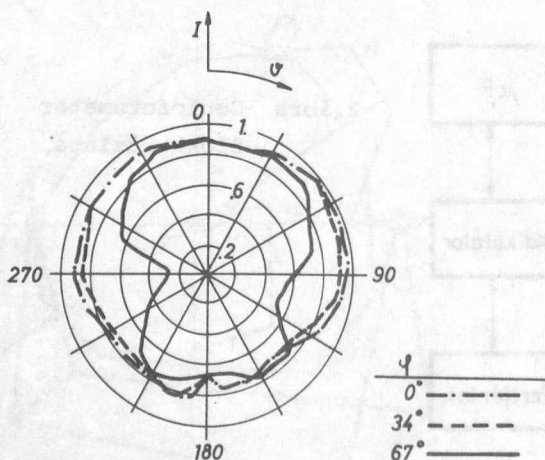


2. ábra Goniofotométer blokk-vázlata

A 2. ábrán a teljes goniométer blokkvázlatát tüntettük fel. Az 1. ábrán bemutatott goniométer mechanikát a gonio mech. kocka jelzi, ez a mikroprocesszor egységhez /uP/ csatlakozik. A goniométer mechanikán helyezkedik el a V / / illesztésű megvilágításmérő fej, vagy az \bar{X} , \bar{y} , \bar{z} illesztésű szinmérő fej /utóbbi \bar{y} csatornája ugyancsak használható a megvilágítás és így az összfényáram mérésére./ A fotométer ill. szinmérő jeleit a digitális voltmérő /DVM/ alakítja át a kalkulátor számára feldolgozható információvá. Ezt a fény- ill. színjelet az asztali kalkulátorba vezetjük. Ez a kalkulátor vezérli a mikroprocesszoros egységet a szöghelyzetek beállítására, valamint ellenőrzi a mérési eredmények begyűjtését. További adatbevivő és kivivő egységek a kalkulátorhoz csatlakoznak.

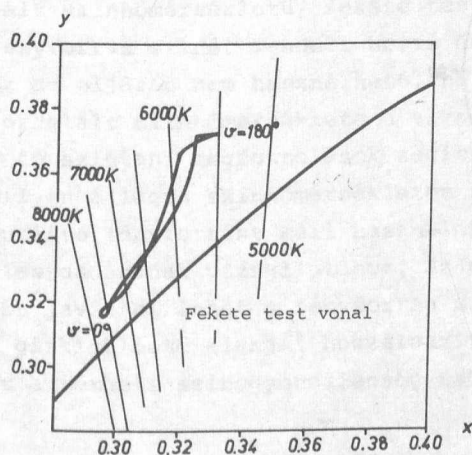
A gyakorlatban nagy nehézséget jelent fémhalogén-lámpák összfényáramának meghatározása, mivel ezek szinképi teljesítményeloszlása erősen eltér a másodlagos alapmérő lámpák /izólámpák/ szinképi teljesítményeloszlásától. Ugyanezen lámpáknál várható a legnagyobb szineltérés a vizsgálati irány függvényében.

A továbbiakban egy 400 W-os háromadalékos fémhalogénlámpa mérési eredményeit ismertetjük.



A 3. ábrán a fényerősség eloszlását szemléltetjük a lámpa hossz tengelyére merőleges és az ahhoz képest 34° , ill. 67° -os szöget bezáró függőleges síkban mérve. Jól látható, hogy a hengerszimmetrikus fényeloszlástól lényeges eltérések mutatkoznak, ezek oka pl. hogy a lámpa kisülő csövének rögzítéséhez tartozó botokat építenek be a fényforrásba, valamint a kvarc kisülőcső elkészítése után szivócsonk marad vissza a kvarctesten és ez mind a fényeloszlást, mind magát a gáz-kisülést kissé módosíthatja.

A 4. ábrán színméréseink eredményét tüntettük fel x, y színdiagramban. Az ábrán látható a fekete test vonal, valamint az azonos korrelált színhőmérsékletű egyenesek. A berajzolt görbe a fémhalogénlámpa hossz tengelyére merőleges síkban a színtelektől meghatározott színpont szög szerinti változását tünteti fel. Látható, hogy a 0° -nál azaz függőlegesen felfelé mintegy 2000 K-el magasabb korrelált színhőmérsékletű sugárzás észlelhető, mint függőlegesen lefelé / a mintaként kiválasztott lámpa különösen nagy hőmérsékleteltérést mutatott, de szinte minden eddig vizsgált fémhalogénlámpánál a korrelált színhőmérséklet szög szerinti változása meghaladta az 1000 K-t. /

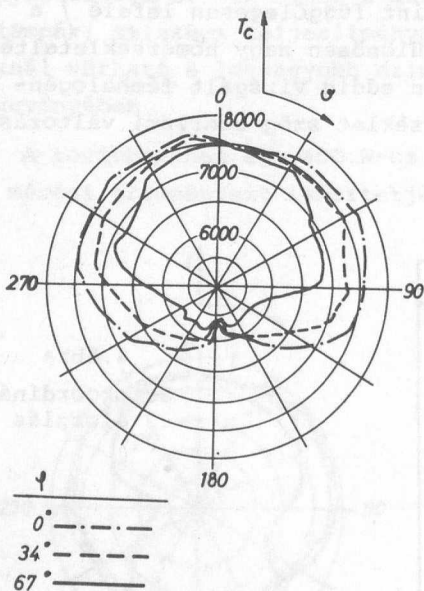


4. ábra
Színtelektől
eloszlás

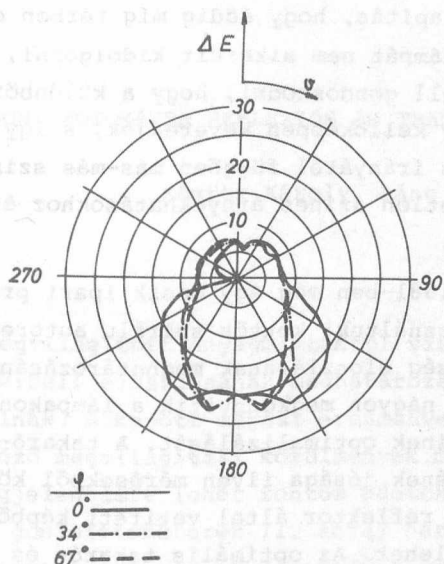
Az 5.ábrán a színhőmérséklet irányfüggését polár koordináta rendszerben tüntettük fel. A vektorhossz a korrelált színhőmérsékletet mutatja, a szög pedig a fényforrás hossz-tengelyre merőleges síkban, ill. ahhoz képest 14° és 67° -os síkban mért értékeket.

A 6.ábra magukat a szinkülönbségeket tünteti fel ugyanezen három síkban, ugyancsak polárkoordináta rendszerben. Látható, hogy a színeltérés a $20\text{--}25 \Delta E / 1964/$ egységet is eléri.

Kísérleteink megmutatták, hogy fémhalogénlámpa színét nem lehet egyetlen méréssel egységesen jellemezni, csak átlagos színről vagy a szín térbeli eloszlásáról beszélhetünk. Ez természetesen hat a fémhalogénlámpák másik fontos jellemzőjére is: színvisszaadásukra. Egyértelműen megállapíthatjuk, hogy a színvisszaadási index függ a kisugárzás irányától.



5.ábra
Színhőmérséklet eloszlás



6. ábra
Szinkülönbség
eloszlás

Jelenleg nem áll olyan számítási rendszer rendelkezésünkre, melyben ezt a mérést értelmezhetnénk. A jelenlegi színvisszaadási index meghatározási előírás, ugyanis minden egyes fényforrás színponthoz a hozzá legközelebb fekvő /azonos korrelált színhőmérsékletű/ fekete test, illetve nappali eloszlású fényforrás színét rendeli hozzá összehasonlító fényforrásként. Ez az eljárás nem használható, ha a vizsgálandó fényforrás korrelált színhőmérséklete a vizsgálati iránytól függ. Alapvető szintani megfontolások segítségével tisztázandó, hogy milyen átlagos színhőmérsékletet s ehhez kapcsolódó összehasonlító fényforrást kell használni a fémhalogén lámpák színvisszaadásának vizsgálatához. Az elvégzett vizsgálatok alapján javítani lehet a fényforrás színjellemzőit is: ha ugyanis a gázkisülőcső alakját hozzáigazítjuk az iv alakjához, akkor ez a térbeli színegyenetlenség csökkenthető.

A fémhalogén lámpák gyakorlati alkalmazása szempontjából is fontos lehet az a megállapítás, hogy addig míg térben egyenletesen sugárzó fémhalogénlámpát nem sikerült kidolgozni, a lámpatest kialakításával kell gondoskodni, hogy a különböző irányokban kisugárzott fény kellőképpen keveredjék, s így elkerüljük, hogy a sugárzás irányától függően más-más színű fényt lássunk, mely kellemetlen színes árnyékhatásokhoz és szintorzításokhoz vezethet.

A goniofotométerünket 1981-ben még egy másik ipari probléma megoldásánál is felhasználtuk: kettős spirálu autoreflektor izzólámpák fényerősség eloszlásának meghatározásánál. A goniofotométeres mérések nagyon megkönnyítik a lámpakonstrukció optikai paramétereinek optimalizálását. A takaró- és árnyékoló-sapka elhelyezésének jósága ilyen mérésekből közvetlenül meghatározható. A reflektor által vetített képből ezekre csak következtetni lehet. Az optimális takaró- és árnyékoló-sapka elhelyezést csak a gyártás-mérés-módosítás körfolyamat többszörös ismétlésével lehet megoldani. Szabadon programozható goniofotométerünkre olyan programot készítettünk, mely a számítógéphez kapcsolt regisztrálón közvetlenül megjeleníti a kívánt szögtartományban a fényerősség eloszlást.

E témában folyó kísérleteinket az EIVRT szakembereivel közösen folytatni kívánjuk, s reméljük, hogy sokoldalu goniofotométerünk még számos technológiai probléma megoldásához nyújt majd segítséget.

1. Makai, J.P., Czibula, G., Vida, D., Schanda, J., Spatial distribution of colorimetric characteristics of metal halide lamps, in Proc, Symp. on Light and Radiation Measurement' 81, Hajduszoboszló, 27-28 May 1981. pp.51-57.
2. Schanda J., Makai J.P., Czibula Gy., Szabadon programozható goniofotométer gázkisülő lámpák vizsgálatához, Mérés és Automatika /megjelenés alatt/

GNIOFOTOMÉTER REFLEXIÓS ÉS TRANZMISSZIÓS MÉRÉSEKHEZ

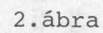
Kántor Károly, Lánc József

Megvilágított anyagmintákról visszavert, vagy átbocsátott fény térbeli eloszlásának meghatározására goniofotométereket használnak. A kapott mérési eredményekből különböző anyagok, különböző megvilágítási körülmények mellett tapasztalt vizuális megjelenésére lehet fontos adatokat leszámaztatni.

A goniofotométerek /1. ábra/ három fő részből állnak: az L megvilágító egységből, mely a vizsgálandó mintát /quasi/-monokromatikus, közel párhuzamos, polarizált fénnel világítja meg, az M mintatartóból, mely a minta megfogására és pozicionálására szolgál és a D észlelő egységből, mely a mintafelületről kilépő fény intenzitását méri, jól meghatározott kis térszögben, különböző irányokban.

Ezen három rész mozgatható egymáshoz képest a T tengely vagy tengelypont körül, melyet a megvilágító és detektoregység optikai tengelyeinek, továbbá az N_m mintanormális közös metszéspontja határoz meg. A β beesési szög a megvilágító nyaláb és a mintanormális közötti, míg γ észlelési szög a megvilágító nyaláb és a detektoregység optikai tengelye közötti szög. δ szög a mintanormális beállítását teszi lehetővé. Mind a beesési, mind az észlelési szög tág határok között állítható oly mértékben, hogy mind reflexióban, mind transzmisszióban lehetséges a minta előtt és mögött a teljes számmal 2π féltérben méréseket végezni.

Az MFKI goniofotométerének kialakításánál igyekeztünk kiküszöbölni az ismert goniofotométerek két jellegzetes hiányosságát.



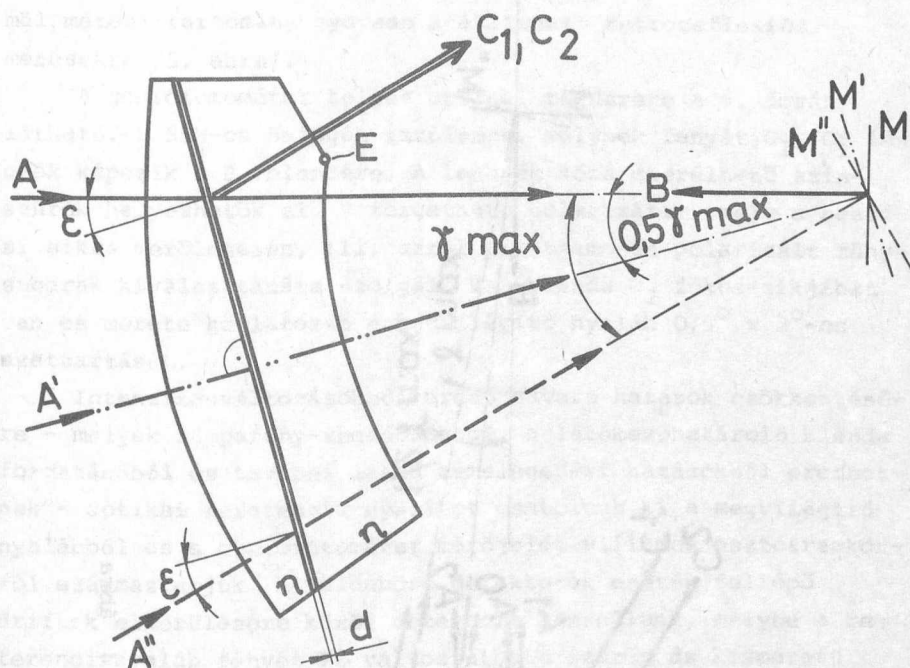
Állandó szélességű megvilágított mintafelület megvalósítható egy B_m állítható résznek, a mintafelület C_2 lencse által meghatározott konjugált tárgytávolságában történő elhelyezésével. Nagyobb beesési szögek esetén azonban a megvilágított mintafelületen a folt oldalsó határvonalai elmosódnak, továbbá mérésautomatizálás esetén a rés szélességet a beesési szög cos-ával arányosan kellene változtatni, ami körülményes.

Az MFKI goniofotométerében a B_m állítható rész helyett forgatható blendét alkalmazunk, melynek forgástengelye van az említett konjugált tárgytávolságban. Ha a tárgy-kép távolságot 1:1-nek választjuk és a blende forgásiránya a minta forgásirányával ellentétes, akkor tetszőleges beesési szögnél a megvilágított mintaszélesség állandó és éles konturvonalakkal határolt marad; továbbá az automatikus áttétel is egyszerűbbé válik.

A másik hátrány akkor jelentkezik, amikor a detektoregység a kis észlelési szögek tartományába kerül. A mechanikai részek ekkor ugyanis eltakarják a megvilágító nyaláb egy részét és a reflexiós szögtartományban nem lehet méréseket végezni.

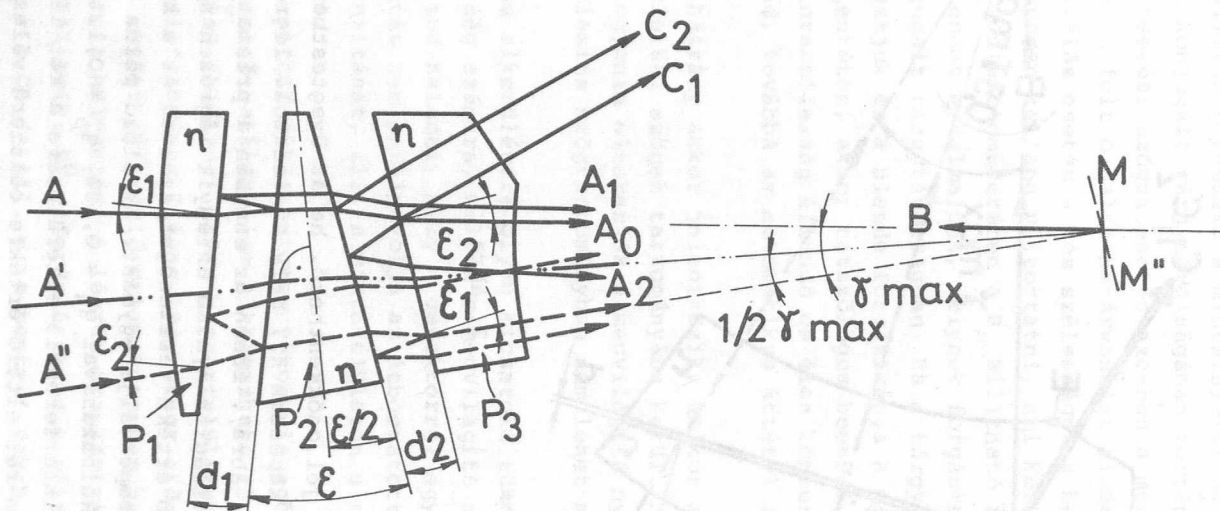
A takarás elkerülésére olyan kicsatoló tükör szükséges a detektoregység számára, melyen a megvilágító nyaláb teljes méretében át tud haladni, mely a detektorral együtt forog el, de az elforgatás nem befolyásolja az átbocsátott és reflektált nyalábok intenzitását, ill. a mintafelületen a megvilágított folt helyzetét.

Ilyen kicsatoló tükörként egy vékony levegőrés két oldalát képező üveg-levegő határfelület alkalmazható /3. ábra/. Ha ezen üvegtestek külső felületei olyan hengerfelületek, melyek közös tengelye a goniofotométer T tengelye, akkor a detektorhoz rögzített, azzal együtt elforduló prizmatest nem befolyásolja a kivilágított folt helyzetét. A légrés transzmissziója azonban kismértékben változik: 5° elfordulásra ez a változás kb. $q_s = 1,8\%$, $q_p = 1,0\%$ /s ill. p a beesési síkra merőleges, ill. párhuzamos polarizációs irányra utal /.



3. ábra

A változás jól csökkenthető, ha az üvegtestben egy olyan további légrést képezünk ki, mely a kicsatoló légréssel ellentétes dőlésű /4. ábra/. Ebben az esetben a prizmatest elfordulásakor a megvilágító nyaláb az egyik légrésen növekvő, a másikon csökkenő értékű veszteséget szenved és a két veszteség gyakorlatilag kompenzálja egymást. Az előző példa esetére ilyen prizma alkalmazásával $q_s = 0,18\%$, $q_p = 0,12\%$ értékeket kapunk. Zavaró interferencia elkerülésére a két légrés méretét $0,1 - 0,2 \text{ mm}$ -rel eltérő értékre célszerű választani.



4. ábra

Ez a kicsatoló tükör /prizmatest/ egy közös szerelőlapra erősíthető, melynek le- ill. felszerelésével 5° - 180° -os normál mérési tartomány gyorsan átállítható retroreflexiós mérésekre /5. ábra/.

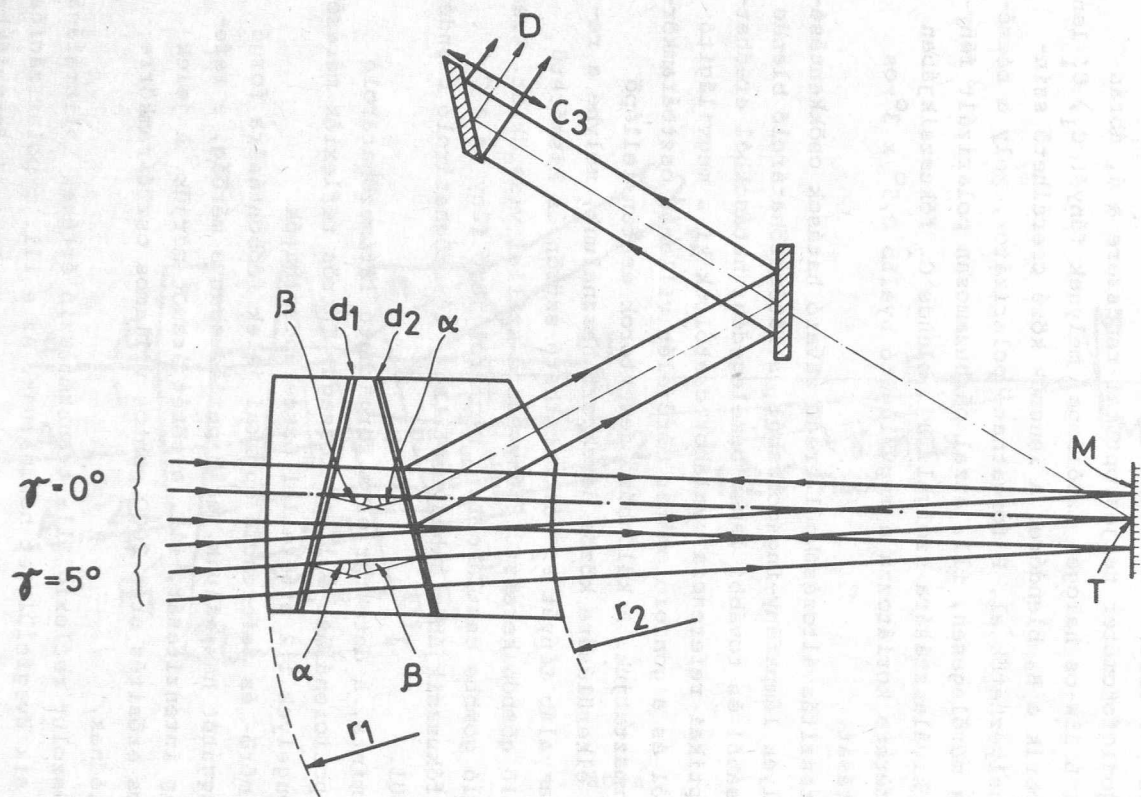
A goniofotométer teljes optikai rendszere a 6. ábrán látható. L 55W-os halogén izzólámpa, melynek fényét C_1 , C'_1 lencsék képezik a B_0 blendére. A lencsék közé cserélhető szűrők helyezhetők el. P forgatható polarizátor, mely a beesési síkra merőlegesen, ill. azzal párhuzamosan polarizált fénysugarak kiválasztására szolgál. B_0 blende C_2 fókuszsjájában van és mérete korlátozza a megvilágító nyaláb $0,5^{\circ} \times 3^{\circ}$ -os széttartását.

Intenzitásváltozásokból eredő zavaró hatások csökkentésére - melyek lámpafény-ingadozásból, a látómezőhatároló blende forgatásából és további lassu bemelegedési hatásokból eredhetnek - optikai referencia nyalábot csatolunk ki a megvilágító nyalábból és a goniofotométer mérőjelét villamos osztóáramkorról származtatjuk. A különböző detektorok esetén fellépő driftek elkerülésére közös detektort használunk, melybe a referencianyaláb fényét P_2 változtatható szűrőn és kisméretű integráló gömbön keresztül fényvezető szállal visszük át. Ezen integráló gömbbe csatlakozik a mintáról jövő fény is a C_3 lencse fókuszsjájában elhelyezett B'_0 térszöghatároló blendén keresztül.

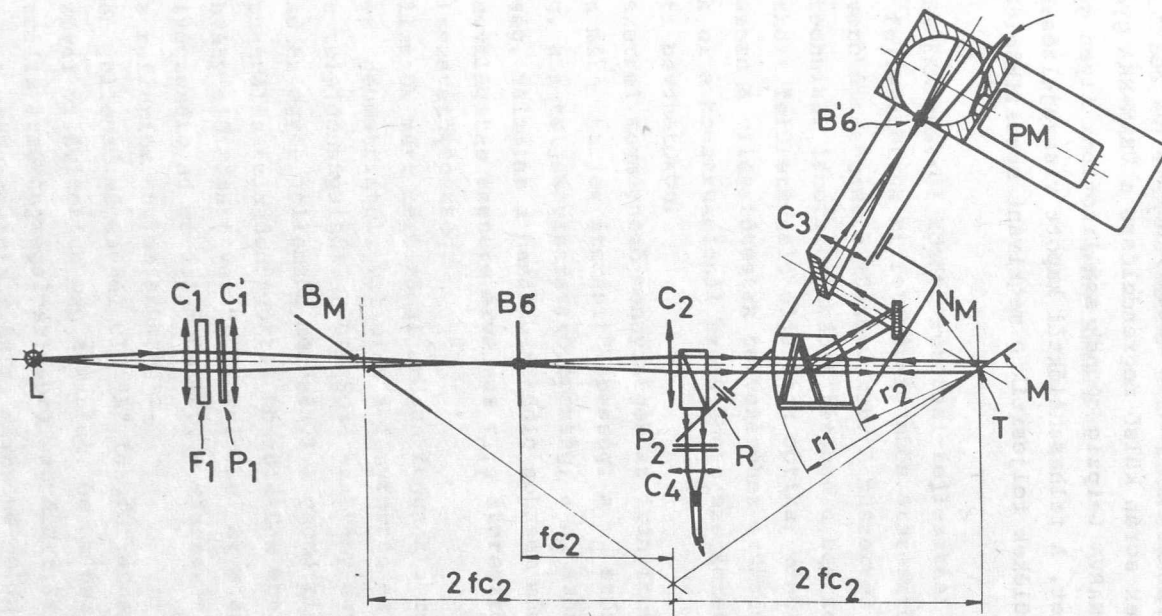
A minta, a detektor és a forgatható látómezőhatároló blende pozicionálása $0,1^{\circ}$ pontosságu. Tükrös reflexiók mérésére a tengelyek 1:2 áttétellel összekapcsolhatók.

A mérő- és referencia optikai jelek időbontására forgó fényszaggatót használunk, és 3 periódusban a mérőág, a referenciaág intenzitását, ill. a sötét áramot mérjük. A jelek villamos erősítés után 2000 pontos villamos osztóáramkörre kapcsolódnak.

Abszolút reflexió ill. transzmisszió értékek kalibrálására BK7 sík üvegfelületet használunk. Az s ill. p polarizációs irányokban a felület reflexióját az ismert Fresnel formulákkal számítjuk, mely értékek a számkijelzőn elektromos és optikai szabályzóelemek segítségével beállíthatók.



5. ábra



6. ábra

FOTOMÉTERGÖMBÖS ÁTERESZTŐKÉPESSÉG- ÉS VISSZAZERŐKÉPESSÉG-MÉRŐ

Rácz Miklós

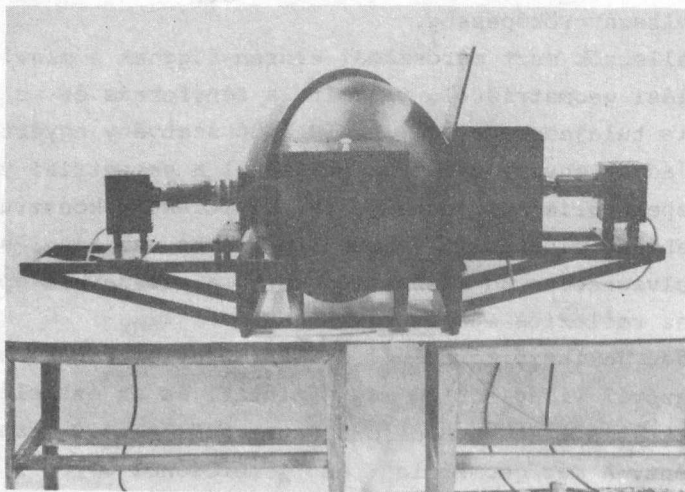
A VBKM EKA gyárral kötött kutatási-fejlesztési szerződés keretében fejlesztettük ki fotométergömbös áteresztőképesség- és visszazérőképesség-mérő műszerünket. A műszerrel a gyár világítástechnikai laboratóriumában részben a beérkező anyagok és gyártásközi felületkezelő eljárások optikai minőségellenőrzését, részben a világítótestek tervezéséhez szükséges méréseket végzik el a konstrukciónál szóbajöhető szerkezeti anyagokon és felületi bevonatokon.

A műszerrel megmérhető mennyiségek az irányított megvilágítás esetén mért teljes áteresztőképesség, a τ_d szórt áteresztőképesség, a ρ teljes visszazérőképesség, a ρ_d szórt visszazérőképesség, valamint a hazánkban eddig sohasem mért, szórt félterű megvilágítás esetére érvényes τ_{dif} áteresztőképesség és ρ_{dif} visszazérőképesség.

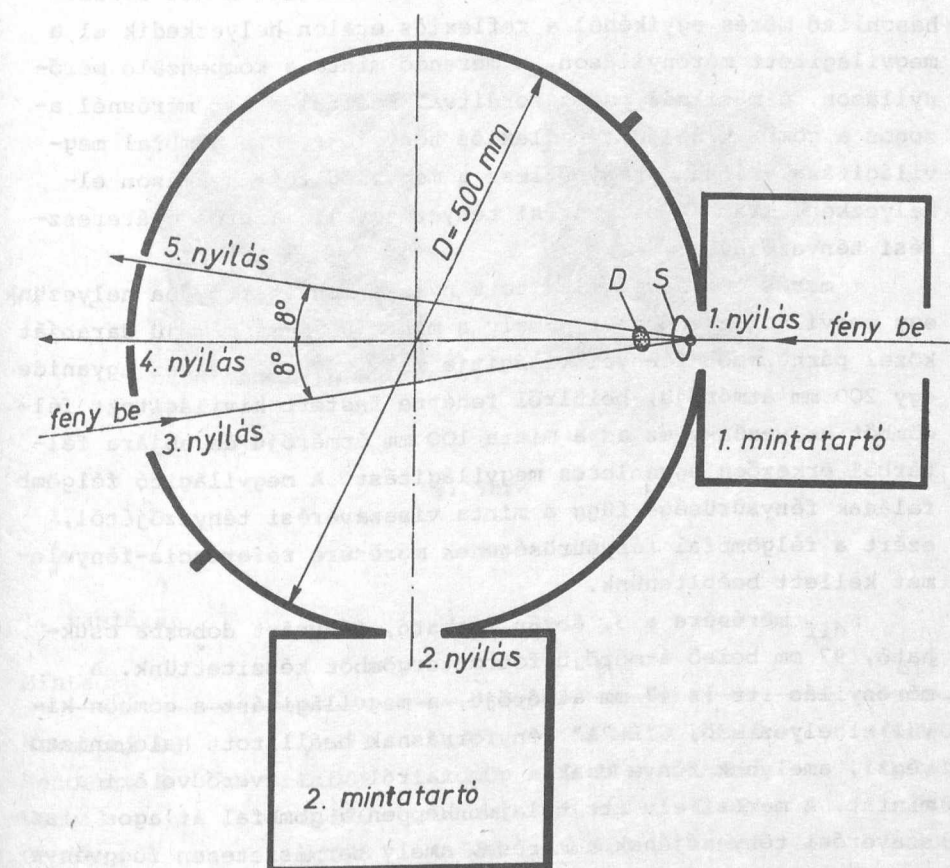
E jellemzők mért mérőszámai erősen függnék a megvilágítási és észlelési geometriától, valamint a fényforrás és az észlelő spektrális tulajdonságaitól. A DIN 5036 szabvány egyértelmű ajánlást ad az egyes jellemzők mérésénél a geometriai viszonyokra és a spektrális tulajdonságokra, készülékünk konstrukciójánál e szabvány előírásait vettük figyelembe. Az ajánlás relatív mérések elvégzésére ad mérési módszert, a visszazérőképességi mérésekhez reflexiók etalon szükséges.

Minden jellemző mérésénél CIE "A" fényforrásnak beállított halogénizzóval világítottuk meg a mintát, és az észlelés CIE V/λ spektrális érzékenységet eloszlására szűrözött Si fénylemmel történt. A mérőgeometria τ és τ_d mérésénél $0^\circ/d$, ρ és ρ_d mérésénél $8^\circ/d$, τ_{dif} és ρ_{dif} mérésénél d/d .

τ , τ_d , τ_{dif} , ρ és ρ_d mérésére az 1. ábrán látható 500 mm átmérőjű fotométergömböt építettünk. A fényképen jól látszik a két fénymentesen zárható mintatartó és két, a gömbbel összeépített megvilágítórendszer. A baloldali megvilágítórendszerrel világítjuk meg a mintát ρ és ρ_d mérésénél, a jobboldalival pedig τ_d mérésénél, ezek a megvilágítórendszerek a minta 47 mm átmérőjű mért felületének 21 mm-es átmérőjű középső részét világítják meg úgy, hogy a mintán szabályosan áthaladó, illetve arról szabályosan visszavert fény a gömbfal mintával átellenes oldalán 8 mm átmérőjű fényfoltot hozzon létre. A szabályosan áteresztett és szabályosan visszavert komponensek kizárására a gömbfal megfelelő pontjain nyílások helyezkednek el, amelyek vagy fényvisszaverő sapkával vagy fénycsapdával zárhatók le. A fotométergömb 2. ábrán szereplő vízszintes metszetén jól látható a nyílások és a mintatartók elhelyezkedése. Az 1. nyílás a megvilágított mérőnyílás, a 2. nyílás a kompenzáló mérőnyílás, a 3. nyíláson keresztül világítunk visszaverőképesség-mérésre, és a 4. és 5. nyílások szolgálnak a szabályos komponens kivezetésére. A megvilágított mérőnyílástól az S ernyővel leárnyékoltnak helyezkedik el a D fénymérő nyílás.



1. ábra



A nyílások átmérői: 1. és 2. nyílás: 47 mm
 3. nyílás: 50 mm
 4. és 5. nyílás: 10 mm

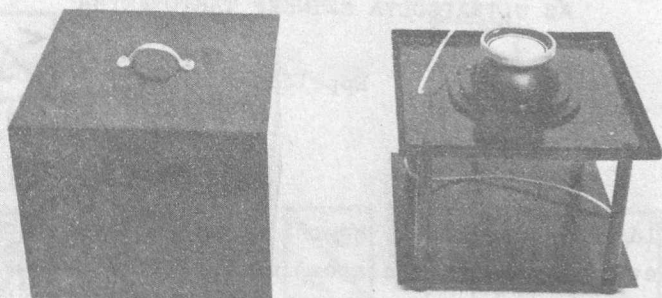
2. ábra

A gömb két mintatartójához egy-egy azonos méretű /47 mm átmérőjű/ mérőnyílás tartozik, ezek közül csak az egyik világítható meg, a másik kompenzációs célokat szolgál. A két összehasonlító mérés egyikénél a reflexiós etalon helyezkedik el a megvilágított mérőnyíláson, a mérendő minta a kompenzáló mérőnyíláson, a másikon pedig fordítva. Ezáltal a két mérésnél azonos a gömbfal átlagos reflexiós tényezője, s a gömbfal megvilágítása valóban arányos lesz a megvilágított nyíláson elhelyezkedő minta visszaverési tényezőjével, illetőleg áteresztési tényezőjével.

A méréséhez a megvilágított nyílás mintatartójába helyezünk egy megvilágítórendszert, amely a minta 90 mm átmérőjű darabját közel párhuzamos fénnel világítja meg. A τ_{dif} méréséhez ugyanide egy 200 mm átmérőjű, belülről fehérre festett kivilágított félgömböt helyezünk, ez ad a minta 100 mm átmérőjű darabjára féltérből érkezően egyenletes megvilágítást. A megvilágító félgömb falának fénysűrűsége függ a minta visszaverési tényezőjétől, ezért a félgömbfal fénysűrűségének mérésére referencia-fényelemet kellett beépítenünk.

A ρ_{dif} mérésére a 3. ábrán látható, fényzárt dobozba csukható, 97 mm belső átmérőjű fotométergömböt készítettünk. A mérőnyílás itt is 47 mm átmérőjű, a megvilágítást a gömbön kívül elhelyezkedő, CIE "A" fényforrásnak beállított halogénizzó végzi, amelynek fénye csak a gömbfalról visszaverődve éri a mintát. A mérési elv itt tulajdonképpen a gömbfal átlagos visszaverési tényezőjének a mérése, amely természetesen függvénye a mérőnyíláson elhelyezkedő minta visszaverési tényezőjének. Egy ismert és egy ismeretlen ρ_{dif} visszaverőképességű mintára összehasonlító mérést végezve az ismeretlen visszaverési tényező kiszámolható.

A gömbök belsejét $BaSO_4$ porból készült nagy visszaverőképességű és nem szelektív festékekkel vontuk be. A gömbfalak megvilágítását mattított üveg mögött elhelyezkedő, CIE V/ λ /-ra szűrőzött Si fényelemekkel mérjük, a fényelemek áramát áram-feszültség átalakító és erősítő közvetítésével intézetünkben készített 1999 pont felbontású digitális aránymérőre visszük.



3. ábra

1. táblázat

Minta	τ	τ_d	τ_{dif}	ρ	ρ_{dif}
Nikripol S3	0.773	0.770	0.648	0.215	0.290
Senocril E	0.539	0.537	0.483	0.441	0.469
Vedril	0.570	0.564	0.509	0.422	0.449
Oroglas	0.588	0.585	0.523	0.387	0.406
Persprex katedrál	0.910	0.892	0.785	0.077	0.134

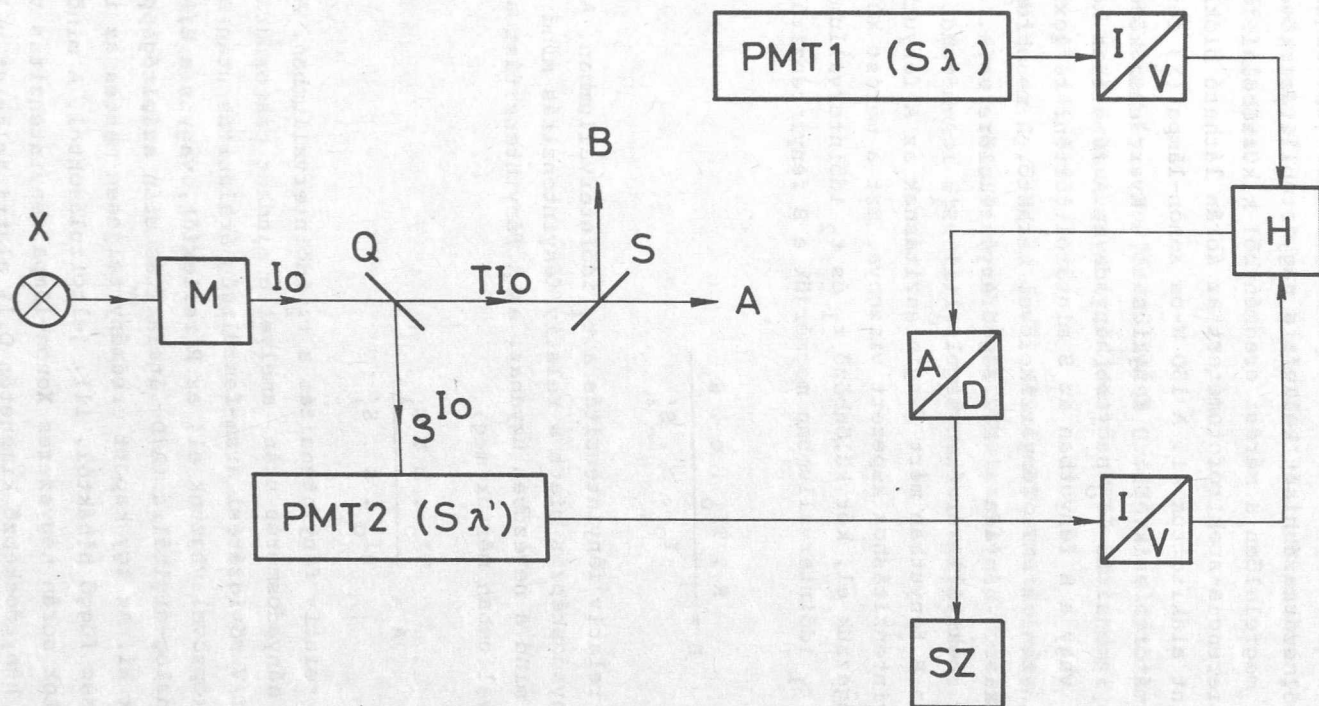
A lámpák tápellátására kereskedelmi tápegységet használunk, amelyet általunk készített precíziós áramszabályzó vezérel. A lámpák áramának és feszültségének kijelzését is az aránymérő végzi.

Az 1. táblázatban a lámpatestekhez használt opál-lemezek és katedrál-lemezek néhányáról mutatunk mérési adatokat.

AZ NBS (USA) REFERENCIA SPEKTROFOTOMÉTERÉNEK KITERJESZTÉSE
AZ ULTRAIBOLYA SZINKÉP TARTOMÁNYBA

Eppeldauer György

A világítástechnikában, hasonlóan mint a méréstechniká más területein az abszolút alapozó mérésektől a gyakorlati sorozat mérésekig hosszú leszármaztatási rend alakult ki. Ennek egyik láncszemét képezi a nagy nemzeti mérésügyi laboratóriumokban felállított nagypontosságu "referencia"-műszerek hálózata. E műszerek segítségével az SI alapegységeiből gyakorlati mértékeket származtatnak le. Az USA mérésügyi szerve az NBS, amelynek washingtoni laboratóriumában működik a reflexiós spektrofotometria egyik referenciaspektrofotométere. Ezzel a műszerrel a közelmultig csak a látható szinképtartományban tudtak kellő pontosságu méréseket végezni, mert az ultraibolya szinképtartományban a hagyományos fényforrások fényerőssége túlzottan kicsiny volt. Intézetünkben korábban foglalkoztunk ultraibolya besugárzásra használható Xenon-lámpák táplálási¹ és stabilitási kérdéseivel. Így tapasztalatainkat jól tudtuk hasznosítani a Magyar Tudományos Akadémia és a U.S. National Academy of Sciences közötti csereegyezmény keretében megvalósult tanulmányuton. Itt a munkaprogram egyik fázisaként az NBS reflexiós referencia-spektrofotométerének működési hullámhossztartományát J.J. Hsia-val, a spektrofotometriai csoport vezetőjével, 200 nm-ig kiterjesztettük. E munka első lépcsőjét jelentette a két intézet közötti, azóta már létrejött megállapodásnak, amelynek során Intézetünk oldja meg az új, félvezető-detektorra alapozott, primer radiometriai etalon megvalósításához szükséges igen kis fényárammérési feladatokat is.



1. ábra
Referencia-spektrofotométer blokkvázlata

Az NBS referencia-spektrofotométerének az ultraibolya hullámhossztartományban Xenon-lámpa fényforrása van. Ennek fluktuációjából származó hibát kellett a nagy stabilitási követelményeknek megfelelően a mérési eredményből kiküszöbölni.

A referencia-spektrofotométert az ábrán látható blokkvázlat szerint alakítottuk ki. A 150 W-os Xenon-lámpa (X) fénye M monokromátorra esik. Ezt Q fénykicsatoló kvarclemmez követi. Az I_0 fényintenzitás TI_0 nagyobb hányada az A fényutban közvetlenül, vagy a B fényutban az S mintáról történt reflexió után ugyanazzal a PMT1 fényérzékelővel mérhető. A monokromatikus fény ρI_0 kisebb hányada a PMT2 segédfényérzékelőre esik. A fényérzékelők spektrális érzékenysége S_λ ill. S'_λ . A mérendő R reflexió a B fényutban mért fényintenzitásnak az A fényutban mért fényintenzitáshoz képezett viszonya. Ezt a mérést két lépésben végezzük el, két különböző t_1 és t_2 időintervallumban. Az első, t_1 időintervallumban megmérjük a B fényintenzitást:

$$B = \frac{R \cdot TI_0 \cdot c \cdot S_\lambda}{\rho I_0 \cdot c \cdot S'_\lambda}$$

ahol c a relatív fényintenzitás a t_1 időintervallumban. Az egyidejű hányadosképzés miatt a relatív fényintenzitás mind a számlálóban, mind a nevezőben ugyanaz. Az A fényintenzitást a t_2 időintervallumban mérjük meg:

$$A = \frac{TI_0 \cdot b \cdot S_\lambda}{\rho I_0 \cdot b \cdot S'_\lambda}$$

ahol b a relatív fényintenzitás a t_2 időintervallumban. A két egyidejű hányadosmérés után, amelyet a mindkét csatornára vonatkozó I/V rövidzárási áram-feszültség átalakítás után a H hányadosképzővel végzünk el, az R reflexiót, vagyis a B/A viszonyt analóg-digitális (A/D) átalakítás után számítógéppel (SZ) számítjuk ki. Az így kapott eredmény teljesen mentes az idő és hullámhossz függő hibáktól, ill. jeltorzulásoktól. A minősítő vizsgálatok során négyszeres Xenon-lámpa fényintenzitás változásnál a hányadosképző kimenetén 0,1% alatti jelszint változás volt mérhető².

Az új referencia-spektrofotométer nagyban hozzájárul az optikai világosítók és más fluoreszkáló anyagok színméréséhez, amely mérések pl. a modern biztonsági színek szabványosításának is előfeltételei.

1. Eppeldauer Gy., Nagyfeszültségű gyújtóval ellátott szabályozott áramu egyen-ivgerjesztő, MFKI Közleményei O-16, p. 141 /1975/
2. Eppeldauer Gy., Hsia, J.J., Multipurposeratio adaptor for error reduction in spectrophotometric UV measurements, Review of Scientific Instruments, megjelenés alatt.

FÉNYFORRÁSOK ULTRAIBOLYA, LÁTHATÓ ÉS INFRAVÖRÖS SUGÁRZÁSÁNAK MÉRÉSE HORDOZHATÓ FOTORADIOMÉTERREL

Ferenczi Sándor, Lánc József

Fényforrásoknak az optikai hullámhossz tartományban (UV-VIS-IR) kibocsátott sugárzását az ipar és a mezőgazdaság különféle területein éppugy mérni kell, mint a gyógyászatban és a világítástechnika területén. Az ultraibolya sugárzás különösen összetett biológiai hatásának vizsgálatával napjainkban is világszerte foglalkoznak. A különféle sugárforrások általános elterjedése olyan mérőműszerek létrehozását igényelte, melyekkel a sugárzás intenzitását a helyszínen gyorsan és megbízhatóan lehet meghatározni.

A méréstechnikai problémát két, különböző kategóriájú műszertípussal lehet legjobban kielégíteni:

1. Olcsó, hordozható, telepes célműszerek, melyeknél a pontosságigény korlátozottabb,
2. Nagyobb pontosságú sugárzásmérők.

Az Intézetünkben kifejlesztett fotoradiométer a második csoportba sorolható mérőműszer, melynek tervezésénél azt a koncepciót tartottuk szem előtt, hogy a felhasználónak csak egy alkalommal kell megvásárolnia a mérőműszer viszonylag drága központi elektronikus jelfeldolgozó egységét, viszont ehhez egy olyan mérőfej családot alakítottunk ki, mely a legkülönbélebb radiometriai jellemzők meghatározását teszi lehetővé. Így a felhasználónak mind a megfelelő összeállítás kiválasztására, mind pedig későbbi bővítésére és egy teljes radiometriai mérőrendszer kiépítésére lehetőséget nyújt.

A fotoradiométer kifejlesztését az indokolta, hogy egy ilyen mérőrendszer kialakítására konkrét igény merült fel két különböző, a világítástechnika területén működő vállalat (VBKM EKA gyára és az NDK-beli NARVA) részéről, valamint a MEDICOR részéről is, ahol elsősorban a fénytechnikai eszközöknek a gyógyászatban történő alkalmazása a feladat.

A VBKM EKA gyárának fénytechnikai laboratóriumában a fotoradiométer segítségével a különféle lámpatestekben alkalmazásra kerülő szerkezeti anyagok tulajdonságainak időbeli változását vizsgálják nagy intenzitású ultraibolya, látható és hősugárzás hatására. Tekintettel arra, hogy az általuk felhasznált szerkezeti anyagok jelentős hányada nyugati importból származik és eddig csak a gyártó specifikációs adataira és saját tapasztalataikra támaszkodhattak a különféle anyagok beszerzésénél, várható, hogy a mérőrendszer kiépítése számottevő devizamegtakarítást tesz majd lehetővé.

Az NDK-beli NARVA és a MEDICOR fénytechnikai eszközöket gyárt, így a fotoradiométert a minőség ellenőrzése területén alkalmazzák. A MEDICOR igénye alapján a műszer ultraibolya sugázmérő fejét olymódon alakítottuk ki, hogy egy kapcsoló segítségével 3 különböző UV hullámhossz tartomány mérése válik lehetővé. Így a felhasználó az ultraibolya sugárterápiában hasznos UV-A sáv mellett azonnal mérni tudja a kísérő káros UV-B sugárzás intenzitását is, míg az UV-C hullámhosszsáv méréseivel a germicid lámpák baktériumölő hatására kap információt.

A mérőműszer specifikációs adatait és szolgáltatásait az alábbiakban ismertetjük.

A fotoradiométer központi egysége a következő szolgáltatásokat nyújtja:

- A mérési eredmény kijelzése radiometriai egységekben 3 1/2 digitális LED displayen.
- Automatikus nullapont beállítás.
- Méréshatár beállítás /max. 5 range/.
- Aránymérés két mérőfej vagy mérőcsatorna egyidejű csatlakoztatása esetén.

E szolgáltatás segítségével pl. fényforrás színhőmérsékletét lehet mérni a kék és vörös megvilágítás arányából vagy két megvilágításmérő csatlakoztatása esetén a sugárzás térbeli egyenletességére nyerhetünk információt.

- Termosztabilizált mérőfej alkalmazásakor biztosítja, hogy a stabilizált hőmérséklet beállása előtt mérni ne lehessen.
- Jelzőfény mutatja, ha nincs mérőfej, vagy helytelen a csatlakoztatása
- BCD adatkimenet a mérési eredmény további feldolgozását teszi lehetővé.

A fotoradiométerhez a következő mérőfejek csatlakoztathatók:

1. Megvilágítás mérőfej

Méréstartomány: 0,001 - 19990 lux /5 méréshatárban/

Pontosság: $\pm 1\% \pm 1$ digit

A mérőfej termosztált, precíziós V / λ' / illesztésű és koszinusz korrigált

Érzékelő: Si-fényelem

Termosztálási hő-

mérséklet: 35 ± 1 °C

Termosztálás pontossága: $\pm 0,2$ °C

2. Ultraibolya sugárzás mérőfej

A mérőfejen lévő kapcsoló segítségével az ultraibolya hullámhossz-tartomány 3 sávjában végezhetünk mérést:

UV-A 315-400 nm

UV-B 280-315 nm

UV-C 220-280 nm

Méréstartomány: 0,001-199,9 W/m²

Érzékelő: Si-fényelem + hullámhosszkonverter

A mérés hibája: $< \pm 5\%$ az UV-A és UV-B tartományban

$< \pm 10\%$ az UV-C tartományban.

3. Infravörös sugárzás mérőfej

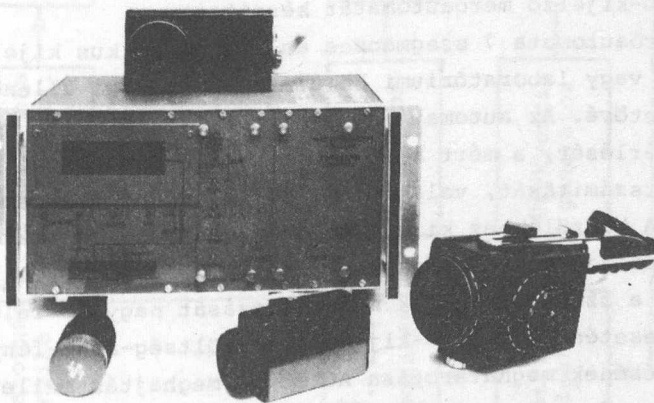
Hullámhossz - tartomány: 780 nm - 3 μ m
 Méréstartomány: 0,1-199,9 W/m²
 Érzékelő: 2 db hidbakapcsolt PbS
 fotoellenállás
 A mérés hibája: $< \pm 10 \%$

4. Színhőmérséklet mérőfej

A mérőfejben egy kék- és egy vörös-érzékeny mérőcsatornát alakítottunk ki. A színhőmérséklet mérésekor a központi egység hányadosmérő üzemmódban működik. A kék/vörös hányadostartomány: 0,001 - 1,999

A kék/vörös hányadosnak ez a tartománya 1500-9500 K korrelált színhőmérséklet intervallumnak felel meg.

A mérés hibája: < 50 K.



1. ábra

Fotoradiométer-család

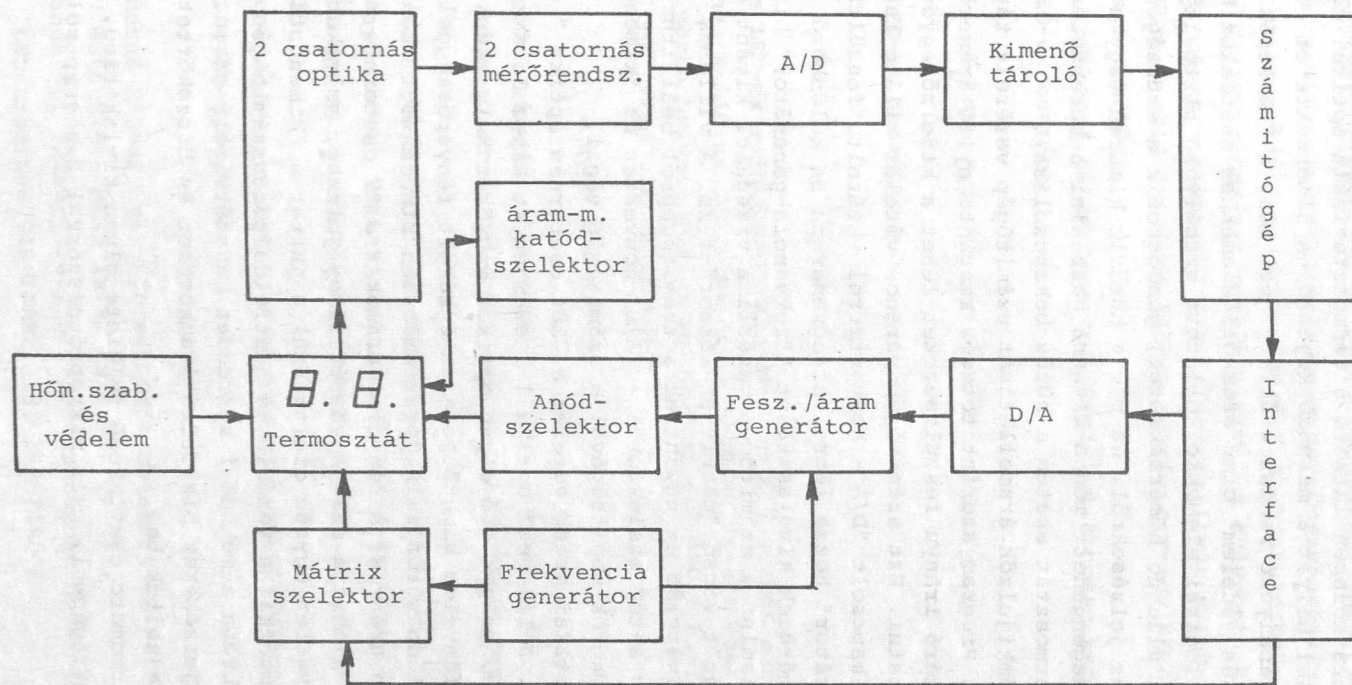
LED-KIJELZŐK AUTOMATIKUS MÉRÉSE

Czibula György, Lánc József, Makai János, Makai József

Az utóbbi években a LED-kijelzők gyártásának ugrásszerű növekedése szükségessé tette a LED-ek fénytani, szintani és elektronikai paramétereinek gyártás közbeni állandó ellenőrzését. A gyártott mennyiség emelkedésével a kijelzők minőségellenőrzését már csak automatikus mérési módszerekkel lehet biztosítani.

Intézetünk a Werk für Fernsehelektronik NDK-beli cég megbízása alapján - a LED-ek láthatósága¹ és szintani kiértékelése² területén szerzett ismereteit felhasználva - számítógép vezérelt LED-kijelző mérőautomatát készített.

A mérőautomata 7 szegmenses és alfanumerikus kijelzők végbemérését vagy laboratóriumi körülmények közötti ellenőrzését teszi lehetővé. Az automatához kapcsolódó számítógép végzi a mérés vezérlését, a mért adatok optikai-fénytechnikai egységekre való átszámítását, valamint az így nyert eredmények kiértékelését. A készülékhez kifejlesztett speciális kétcsatornás optika biztosítja a fényerősség - és mivel a LED-ek telített színűek - a szinkordináták meghatározását nagyobb felületű kijelzők esetén is. A LED-kijelzők feszültség-áram-fényerősség összefüggésének meghatározása AC és DC meghajtás mellett egyaránt lehetséges, záróirányban a készülék alkalmas az áram-feszültség karakterisztika felvételére. A készülék prototípusát egy a -10°C - $+85^{\circ}\text{C}$ -os hőmérséklettartományban fokozatosan beállítható termosztáttal szereltük fel, hogy a fenti paraméterek hőmérsékletfüggését meghatározhassuk.



1.ábra

A berendezés felépítési vázlatát az 1. ábrán szemléltetjük. Az ábra közepén látható a termosztatizált optikai egység. Ebben foglal helyet a mérendő kijelző. A hőmérsékletet Peltier-elemes szabályozó rendszer állítja be, mely a "Hőmérséklet szabályzó és védelem" című áramköri elemekhez csatlakozik. Ez a megfelelő logikai elemekkel ellátott szabályozó biztosítja a termosztát állandó hőmérsékletét, gondoskodik a szükséges védelemről és jelzésekről, ha pl. a hűtőviz kimarad vagy a kezelő nem a megengedett módon kívánna használni a berendezést /pl. nyitott termosztát esetén a hűtés bekapcsolása/.

A számkijelzők áramellátását számítógép vezérelt tápegység végzi. Program szerint tetszés szerinti nyitó áramerősségek ill. záró irányu feszültségeket lehet a kijelző egyes diódaira juttatni. Ezt számítógép parancs vételét ellátó interface mögé kapcsolt "D/A"-konverterrel vezérelt "feszültség/áramgenerátor" hozza létre. Az egyenáramu és különböző impulzusidejű mérések kiválasztását "frekvencia-generátor" biztosítja. Ez, valamint a számítógép vezérli a vizsgálni kívánt dióda kiválasztását végző "mátrix szelektor"-t is. A villamos jellegörbék felvételét az ugyancsak a számítógépről beállítható "árammérő és katód szelektor" a "A/D"-konverter és "kimenő tároló" áramkörök segítségével a számítógép végzi.

Az optikai jelek vételét a "két csatornás optika" egység végzi. A leképező optika 1-1 számjegyet képez le a két Si-fényelemre, melyek elé olyan optikai szűrőket helyeztünk, hogy az egyik fényelem kimenő jele az érzékelt fényerősséggel, a másik a dióda vörös szinképtartományban kibocsátott sugárzásával legyen arányos. A fényelem áramokat a "2 csatornás mérőrendszer" alakítja szabványos villamos jelekké, melyeket az "A/D"-konverter egység digitalizál s juttat a "kimenő tároló"-ba. Ez kommunikál a vezérlő és adatfeldolgozó számítógéppel.

Az ábrába a működési sorrendet, adatátviteli parancsokat és visszajelzéseket biztosító áramköröket és összeköttetéseket nem rajzoltuk be.

Az automata csatlakozó felülete olyan kialakításu, hogy akár számítógéppel, akár mikroprocesszorral összekapcsolható.

Jelen esetben számítógép végzi a vezérlést és a mért adatok feldolgozását. Kiszámítja az egyes szegmensek fényerősségét, meghatározza a szinkordinátákat és egy összehasonlító fényforrás szinpontjától való távolságát. A szinkülönbség számításánál a CIELUV rendszert vettük alapul. A sulyponti hullámhossz meghatározását - kihasználva a LED-ek telített színű sugárzását - vörös, zöld és sárga LED-ek esetén egy-egy közelítő egyenlet teszi lehetővé.

A szinkordináták és a sulyponti hullámhossz kapcsolata zöld LED-ek esetén:

$$\lambda_D(\text{nm}) = 51,97 \frac{x}{y} + 528,79$$

sárga LED-ek esetén:

$$\lambda_D(\text{nm}) = 31,47 \frac{x}{y} + 547,16$$

A vörös LED-ek szinképtartományában az \bar{x} , \bar{y} görbék már nem biztosítanak kellő hullámhossz-érzékenységet, ezért ezek méréséhez az $\bar{x}(\lambda)$ görbe helyett FGL3 szinszűrővel szűrőzött Si-fényelemet használunk ($F(\lambda)$). Ezen esetben:

$$\lambda_D = 4,03 \frac{x}{y} + 623,43$$

A különböző színű minták esetén a fenti képletek és a színképből meghatározott domináns hullámhosszak korrelációja jobb mint 0,99.

A készülék a fenti paramétereket teljesen automatikusan méri, a nyomtatott adatkijelzésen túl a mérési fázisokról és az esetleges hibás működésről fényjelzéssel is tájékoztatja a kezelőt.

A berendezést 1981. decemberében helyezték üzembe a WF berlini gyáregységében.

1. Wágnerné Pálmai Éva, LED eszközök objektív és pszichofizikai értékelése MFKI 1979. Évkönyv, p. 119.
2. Schanda J., Pálmay É.W., Die farbmetrische Bewertung von LED-Anzeigen DIE FARBE, 28, 249 /1980/

PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

1981.

Aszódi G., Szabón J., Jánossy I., Székely M.

High resolution thermal mapping of microcircuits using nematic liquid crystals.

Solid State Electron. 24, 1127 /1981/

Balázs J., Rakovics V., Hoffmann G., Görög T.

On the measurement of time constant of PbS photodetectors,
in: Proceedings of the Symposium on light and radiation measurement

1981. Hajduszoboszló 27-28 May 1981. Sokszo., p.113

Barna B.P.

Surface chemical phenomena and growth of films /Abstract/.

Thin Solid Films 85, 263 /1981/

Bartha L.

A study of the apt and of some intermediate products during the W metal powder production

in: Proc. of the 10th Plansee-Seminar 1981. Vol.1. p.71.

Beléznay F., Van Royen, Devreese, J.T.

On the equivalence of different approximations in linear electron transport theory.

Phys.Stat.Sol. /b/ 107, 335 /1981/

Lukács Gy., Hadnagy A., Dányi M., Rácz M., Kovácsné Stáhl Á.,
Váradyné Burgetti C.:

Két Hunter-féle szinmérő műszer metrológiai tulajdonságai.

Mérés és Automatika. 29 420 /1981/

Ferenczi G.:

Degradation induced formation of extended defects in GaP:N
LED's

IEEE Trans. Electron Devices. ED-28, 421 /1981/

Ferenczi G., Dózsa L.

Extended defects in III-V semiconductor compounds

Cryst. Res.Technol. 16, 203 /1981/

Gál M., Cavenett, B.C., Dean, P.J.

Electron capture luminescence in GaP:O revisited.

J.Phys.C: Solid State Phys. 14 1507 /1981/

Gergely G.

Electron backscattering spectra for quantitative AES in fractography and segregation.

Acta Univ. Wratislaviensis no.607. Matematyka, Fizyka,

Astronomia XL, 35 /1981/

Gergely G.

Elastic peak electron spectroscopy for Auger electron spectroscopy and electron energy loss spectroscopy.

Surf. and Interface Anal. 3, 201 /1981/

Gergely G., Menyhárd M., Szász-Csik Zs.

Some notes on Auger electron spectroscopic studies on fracture surfaces of tool steel.

Cryst. Res. Technol. 16, K13 /1981/

Harmat P., Lipták L., Kele A., Major J., Gaál I.

The rate of oxygen uptake and release in tungsten,

in: Proc. of the 10th Plansee-Seminar 1981. Vol.1. p. 207

Hársy M., Görög T., Lendvay Ö., Koltai F.:

Direct synthesis and crystallization of GaSb.

J. Cryst. Growth. 53, 234 /1981/

Horacsek O., Bartha L.

Sintering swelling in bubble strengthened tungsten

in: Proc. of the 10th Plansee-Seminar 1981. Vol.1. p. 179

Kántor K., Lánc J., Gáspár L.

A new goniophotometer for reflectance and transmittance measurements

in: Proceedings of the Symposium on light and radiation measurement 1981. Hajduszoboszló, 27-28 May 1981. Soks. p.57

Chakrabarti, B.K., Kertész J.

The statistics of self-avoiding walks on a disordered lattice.

Z.Phys. B: Condensed Matter. 44, 221 /1981/

Chakrabarti, B.K., Kaski, K., Kertész J.

Real space renormalization group study of the percolation properties of two dimensional lattice gas models.

Phys. Lett. A85, 423 /1981/

Kozma L., Bartha L., Heltai Gy., Zimmer K.:

Laser microdensitometer for spectrographical measurements

Spectrochim. Acta 36B, 919 /1981/

Kozma L., Huppmann, W., Bartha L., Mezei P.

Initiation of directional grain growth during liquid-phase sintering of tungsten and nickel.

Powder Metall. 24, 7 /1981/

Kozma L., Lábár J.

Nickel solubility in tungsten,

in: Proc. of the 10th Plansee-Seminar 1981. Vol.1. p.237

Lábár J.: Etalon nélküli, kvantitatív elektronsugaras röntgen mikroanalízis.

Magyar Kémiai Folyóirat 87, 107 /1981/

Lendvay Ö., Görög T., Tóth A.L.,

LPE growth of $\text{GaAs}_{1-x}\text{Sb}_x$

J.Cryst. Growth 53, 591 /1981/

Makai J.P., Czibula G., Brósz R., Borody H.

Microprocessor controlled free programable goniophotometer

in: Proceedings of the Symposium on light and radiation measurement 1981 Hajduszoboszló 27-28 May 1981. Soks., p. 47.

Makai J., Czibula G., Vida D., Schanda J.:

Spatial distribution of colorimetric characteristic of metal halide lamps, in: Proc. of the Symposium on light and radiation

measurement 1981. Hajduszoboszló 27-28 1981. Soks., p. 51.

Menyhárd M.

On the fracture of doped tungsten; an AES study
in: Proc. of the 10th Plansee-Seminar 1981. Vol.1. p.31

Menyhárd M., Gergely Gy.: AES fraktográfiai vizsgálatok szerszámacél és volfrám töreteken
in: I.Országos Törésmechanikai Szeminárium Aggtelek 1981.szept. 29 - okt. 1. 1.rész, p.71.

Mojzes I., Szigethy D., Gergely G.: In situ study of diffusion in GaAs by SIMS
in: 3rd International Conference on secondary ion mass spectrometry Budapest, 31.08-04.09. 1981. Abstracts. p.67

Besenyey E., Hangos I., Nagy T.A.

Nagy töltőanyagtartalmu vékony műanyag hárttyák mechanikai tulajdonságainak és belső szerkezetének vizsgálata. A hengerlési paraméterek hatásai.

Magyar Kémiai Folyóirat 87, 224 /1981/

Didenko, P.I. Litovcsenko, V.G., Marcsenko, R.I. Németh-Sallay M., Romanova, G.F., Szép I.:

Issledovanie harakterisztik granicü razdela metall-dielektrik /Al-SiO₂/ metodom massz-szpektrometrii vtoricsnüh ionov.
Ukrainszkij Fiziceszkij Zsurnal 26 1142 /1981/

Vértesy A., Lénárt T., Pál E.:

Diszlokációk és elektromos paraméterek korrelációjának vizsgálata félvezető eszközökben.

Hiradástechnika 32, 287 /1981/

Pozsgai I.

Önhordó vékonyrétegek helyi kémiai összetételének mennyiségi meghatározása

Finommechanika - Mikrotechnika 20, 137 /1981/

Reicha, F.M., Barna B.P.: Growth of hillocks and whiskers in aluminium films, Thin Solid Films, 85, 317 1981/

Schanda J.

A világosság- és a színérzékelés jobb megközelítése

Mérés és Automatika 29, 409 /1981/

Schanda J.,

Implications of vision research on luminescence investigation.

J.Lumin. 24/25, 851 /1981/

Schanda J., Dányi M.

LED-photometry

in: Proceedings of the Symposium on light and radiation measurement 1981 Hajduszoboszló 27-28, May 1981. Sokszt., p.78

Schanda J., Wagner-Pálmai É.

Die farbmetrische Bewertung von Leuchtdioden-Anzeigen

/Manfred Richter zum 75. Geburtstag gewidmet/

Die Farbe 28, 249 /1980/

Serényi M.

Optikai szálak végeinek optimális kialakítása.

Finommechanika - Mikrotechnika, 20, 302 /1981/

Somogyi M.,

$A^{III}B^V$ alapu MOS rendszerek

Magyar Fizikai Folyóirat 29, 351 /1981

Somogyi M., Farkas-Jahnke M.

Composition changes during oxidation of $A^{III}B^V$ surfaces.

in: Insulating films in semiconductors /Eds. M.Schulz, G.Pensl./

Berlin-Heidelberg-New-York, Springer, 1981. p.290.

Szabó R., Lác J., Eppeldauer Gy.

MNOS memória eszközök vizsgálata a töltéstároló képesség alapján.

Mérés és Automatika 29, 51 /1981/

Szép I., Forgács G.

Töltéstárolás és töltéstovábbítás szigetelő-félvezető rétegszerkezetekben

/A szilárdtestkutatás újabb eredményei 10.köt. Szerk.: Siklós Tivadar. /Bp., Akadémia Kiadó 1980.

Szőkefalvi-Nagy Á., Nagy T.A., Lipták L., Radnóczy G., Gaál I.

Deformation of heavily drawn polycrystalline tungsten

in: Proceedings of the 2nd RISØ International symposium on metallurgy and materials science 1981. p. 223.

Szőkefalvi-Nagy Á., Radnóczy G., Lipták L., Major L., Gaál I.

Grain boundaries and flow stress in tungsten

in: Proc. of the 10th Plansee-Seminar 1981. Vol.1. p. 193.

Tekula-Buxbaum P.

An indirect sequential determination of phosphorus and arsenic in high-purity tungsten and its compounds by atomic-absorption spectrophotometry.

Mikrochimica Acta /Wien/ II. 183 /1981/

Tóth A.L.

Measurement of EBIC contrast and resolution of dislocation in silicon

in: Microscopy of semiconducting materials, 1981.

Proceedings of the Royal Microscopical Society Conference held in St Catherine College, Oxford, 6-10 April 1981. /Eds.: A.G. Cullis, D.C.Joy. /Bristol-London, The Institute of Physics, 1981. /Conference series no.60./ p.221

Tüttő P., Balázs J., Horváth Zs.J.

Surface-state density evaluation problems in MNOS structures,

in: Insulating films in semiconductors.

/Eds.: M.Schulz, G.Pensl./ Berlin-Heidelberg-New York, Springer 1981. p.140.

Uray L., Skopál L., Gaál I.: Resistometric study of sinter-necks, in: Proc.of the 10th Plansee-Seminar 1981.Vol.1.p.167

Vicsek T.

Random walks on bound percolation clusters: ac hopping conductivity below the threshold.

Z.Phys. B.: Condensed Matter 45, 153 /1981/

Vicsek T., Kertész J.

Finite size scaling study of percolation on the honeycomb lattice with various length to width ratios.

Phys. Lett. A81, 51 /1981/

Vicsek T., Kertész J.

Monte Carlo renormalisation-group approach to percolation on a continuum: test of universality.

J.Phys. A: Mathematical and General 14, L31 /1981/

Zsoldos L .

EXAFS: Szerkezetvizsgálat a röntgen abszorpció és kiterjedt finomszerkezete alapján

Magyar Fizikai Folyóirat 29, 1 /1981/ .

Trukhanov, E.M., Zsoldos L.

Some features of misfit dislocations in Si during B diffusion from doped oxide.

Phys.Stat. Sol. /a/ 66, 157 /1981/



